



TESIS - RE142541

**PENENTUAN FAKTOR EMISI SPESIFIK DARI  
SEKTOR TRANSPORTASI DAN INDUSTRI UNTUK  
ESTIMASI TAPAK KARBON DAN PEMETAANNYA  
DI KABUPATEN SUMENEP-JAWA TIMUR**

**QORRY NUGRAHAYU**  
3313201021

**DOSEN PEMBIMBING**  
Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, MT.  
**CO. PEMBIMBING**  
Prof. Ir. Joni Hermana, MScES., PhD.

**PROGRAM MAGISTER  
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2015**



THESIS - RE142541

**DETERMINATION OF SPECIFIC EMISSION  
FACTORS FROM TRANSPORTATION AND  
INDUSTRIAL SECTORS FOR ESTIMATING AND  
MAPPING CARBON FOOTPRINT IN SUMENEP  
DISTRICT-EAST JAVA**

**QORRY NUGRAHAYU**  
3313201021

**SUPERVISOR**  
Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, MT.  
**CO SUPERVISOR**  
Prof. Ir. Joni Hermana, MScES, PhD.

**MASTER PROGRAM**  
**DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING**  
**FACULTY OF CIVIL ENGINEERING AND PLANNING**  
**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**  
**SURABAYA**  
**2015**

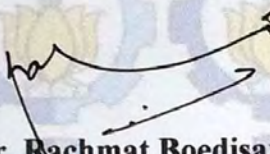
**Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar  
Magister Teknik (MT)**  
di

**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**  
oleh :

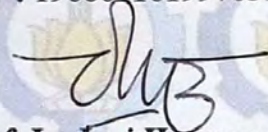
**Qorry Nugrahayu**  
Nrp. 3313 201 021

**Tanggal Ujian : 5 Januari 2015**  
**Periode Wisuda : Maret 2015**


**Disetujui Oleh :**

  
**1. Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, MT**  
NIP : 196601161997031001

**(Pembimbing I)**

  
**2. Prof. Ir. Joni Hermana, MSc.ES., PhD**  
NIP : 196006181988031002

**(Pembimbing II)**

  
**3. Ir. Mas Agus Mardyanto, ME., PhD**  
NIP : 196208161990031004

**(Penguji)**

  
**4. Bieby Voijant Tangahu, ST., MT., PhD**  
NIP : 197108181997032001

**(Penguji)**

  
**5. Dr. Eng. Arie Dipareza Syafei, ST. MEPM**  
NIP : 198201192005011001

**(Penguji)**

**Direktur Program Pascasarjana,**

  
**Prof. Dr. Ir. Adi Soeprijanto, MT**  
NIP. 196404051990021001



# **PENENTUAN FAKTOR EMISI SPESIFIK DARI SEKTOR TRANSPORTASI DAN INDUSTRI UNTUK ESTIMASI TAPAK KARBON DAN PEMETAANNYA DI KABUPATEN SUMENEP- JAWA TIMUR**

Nama Mahasiswa : Qorry Nugrahayu  
NRP : 3313201021  
Jurusan : Teknik Lingkungan  
Pembimbing I : Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, MT.  
Pembimbing II : Prof. Ir. Joni Hermana, MScES., PhD

## **ABSTRAK**

Dua sektor terbesar penyumbang emisi karbon di udara adalah sektor transportasi dan industri. Semakin pesat perkembangan sektor transportasi dan industri ini, semakin besar pula emisi karbon yang dihasilkan sehingga menyebabkan penurunan kualitas lingkungan. Dari permasalahan tersebut dibuatlah penelitian ini dengan tujuan menentukan Faktor Emisi Spesifik (FES) dan estimasi tapak karbon dari sektor transportasi dan industri dengan fungsi pengembangan wilayah pertanian/hortikultura di Kabupaten Sumenep - Jawa Timur serta memetakan tapak karbon yang telah diperoleh.

Estimasi tapak karbon diawali dengan perhitungan menggunakan IPCC *guidelines* Tier 1 dari sektor transportasi dan Tier 2 dari sektor industri. Selanjutnya mencari nilai FES dari hasil perhitungan tapak karbon yang telah diperoleh. Nilai estimasi tapak karbon yang didapat dari sektor transportasi dan industri selanjutnya dibuat pemetaannya. Penelitian ini membahas 2 variabel yaitu penggunaan jenis BBM (gasolin dan solar) dan jenis industri (makanan, logam dasar dan barang galian bukan logam). Parameter penelitian ini adalah CO<sub>2</sub> serta data perhitungan yang digunakan adalah data tahun 2012.

Hasil dari penelitian ini adalah tapak karbon dari sektor transportasi dan industri masing-masing yaitu 207.083,66 ton CO<sub>2</sub>/tahun dan 1692,60 ton CO<sub>2</sub>/tahun. Lalu FES dari sektor transportasi, 4,34 ton CO<sub>2</sub>/SMP bahan bakar gasolin, 14,39 ton CO<sub>2</sub>/ SMP bahan bakar solar dan 5,94 ton CO<sub>2</sub>/ SMP, FES dari sektor industri adalah 0,229 ton CO<sub>2</sub>/tahun.ton produksi untuk industri makanan, 0,039 ton CO<sub>2</sub>/tahun.unit untuk industri logam dasar (keris) dan 0,00258 ton CO<sub>2</sub>/tahun.unit untuk industri barang galian bukan logam (genteng). Pada aspek lingkungan skenario terbaik untuk sektor transportasi dan industri adalah skenario 1 dengan besar penurunan bila dibandingkan dengan emisi karbon eksisting masing-masing sebesar 21,6% dan 47,7%. Pada aspek hukum diharapkan pemerintah Kabupaten Sumenep memiliki perda mengenai penggunaan CNG untuk sektor transportasi dan LPG untuk sektor industri yang mengacu pada Peraturan Presiden Republik Indonesia No. 64 Tahun 2012 dan No. 104 Tahun 2007

**Kata Kunci:** Faktor Emisi Spesifik, Industri, Sumenep, Tapak Karbon, Transportasi

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# **DETERMINATION OF SPECIFIC EMISSION FACTORS FROM TRANSPORTATION AND INDUSTRIAL SECTORS FOR ESTIMATING AND MAPPING CARBON FOOTPRINT IN SUMENEP DISTRICT-EAST JAVA**

Name : Qorry Nugrahayu  
NRP : 3313201021  
Department : Environmental Engineering  
Supervisor I : Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, MT.  
Supervisor II : Prof. Ir. Joni Hermana, MScES., PhD

## **ABSTRACT**

*Two large contributors emission carbon in the air are transportation and industrial sectors. It makes air pollution becoming worst and decreases the environmental quality. Because of those, then this research has purpose for determining specific emission factors dan estimating carbon footprint of transportation dan industrial sectors with the function of development region agricultural/horticulture in Sumenep district-East Java and mapping the carbon footprint.*

*The first step to estimate the carbon footprint of transportation and industrial sector is calculate it with IPCC guidelines Tier 1 for transportation sector and Tier 2 for industrial sector. Then get the FES value. Then make the map of carbon footprint. This research has 2 variables: the type of fuel consumption (Gasoline and Diesel) and the type of industry (Food, Metal and Mineral Products Non Metal). Parameter of this study is CO<sub>2</sub> and this research uses the data in 2012.*

*The results of this research are the value of carbon footprint of transportasi sector is 207.083,66 ton CO<sub>2</sub>/year and industrial sector is 1692,60 ton CO<sub>2</sub>/year. The FES of transportation sectors are 4,34 ton CO<sub>2</sub>/SMP gasoline, 14,39 ton CO<sub>2</sub>/ SMP diesel and 5,94 ton CO<sub>2</sub>/ SMP. The FES of industrial sector are 0,229 ton CO<sub>2</sub>/year.ton production for food industry, 0,039 ton CO<sub>2</sub>/year.unit for metal industry (keris) and 0,00258 ton CO<sub>2</sub>/year.unit for mineral products non metal industry (roof-tile). In environmental aspect, the best scenario for transportation and industrial sector is scenario 1 because it can decrease karbon emission 21,6% and 47,7% than existent karbon emission. In legal aspect, the government of district Sumenep should have regulation about using CNG for transportation sector and using LPG for industrial sector which refer to "Peraturan Presiden Republik Indonesia No. 64 Tahun 2012 dan No. 104 Tahun 2007"*

Key Word : Specific Emission Factor, Industry, Sumenep, Carbon Footprint, Transportation

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## KATA PENGANTAR

Penulis mengucapkan puji syukur kepada Allah SWT, atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga laporan tesis yang berjudul *“Penentuan Faktor Emisi Spesifik dari Sektor Transportasi dan Industri untuk Estimasi Tapak Karbon dan Pemetaannya di Kabupaten Sumenep-Jawa Timur”* dapat diselesaikan dengan baik. Dalam penyusunan laporan tesis tentunya tidak lepas dari bantuan dan dorongan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis menyampaikan terima kasih sebanyak-banyaknya kepada:

1. Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, MT., Prof. Joni Hermana, MSc. ES., PhD., dan Abdu Fadli Assomadi, SSi., MT. yang senantiasa memberikan arahan, motivasi, nasehat dan ilmu serta bimbingan kepada penulis.
2. Ir. Mas Agus Mardyanto, ME., PhD., Bieby Voijant Tangahu, ST., MT., PhD., dan Dr. Eng. Arie Dipareza, ST., MEPM selaku dosen penguji.
3. Kedua orangtua yang selalu memberikan nasehat, menjaga semangat dan doa kepada penulis.
4. Teman-teman tim udara yang selalu bersama-sama menyelesaikan laporan tesis ini khususnya Nurfakhrina Ramadhani Ardedah.
5. Segenap civitas akademika Teknik Lingkungan ITS

Dalam penyelesaian laporan tesis ini, penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan. Maka dari itu, kiranya para pembaca untuk memberikan kritik dan saran terhadap laporan tesis ini sehingga mendapatkan hasil yang lebih baik.

Surabaya, Desember 2014

Penulis



*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	i
KATA PENGANTAR .....	iii
ABSTRAK .....	v
<i>ABSTRACT</i> .....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan .....	3
1.4 Manfaat .....	3
1.5 Ruang Lingkup.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1 Gambaran Umum Kabupaten Sumenep.....	5
2.1.1 Batas Wilayah Administrasi.....	5
2.1.2 Luas Wilayah .....	5
2.1.3 Wilayah Administrasi Pemerintah .....	6
2.1.4 Geografi.....	7
2.1.5 Ekonomi .....	9
2.2 Transportasi.....	10
2.3 Industri .....	11
2.4 Tapak Karbon.....	13
2.5 Perhitungan Emisi CO <sub>2</sub> .....	15
2.6 Faktor Emisi .....	16
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	19
3.1 Umum.....	19
3.2 Kerangka Penelitian .....	20
3.3 Tahap-Tahap Penelitian .....	21
3.3.1 Ide Penelitian.....	21
3.3.2 Studi Literatur .....	22
3.3.3 Pengumpulan Data .....	22
3.3.3.1 Data Primer .....	22
3.3.3.2 Data Sekunder .....	23
3.3.4 Pengolahan Data.....	23
3.3.5 Analisis dan Pembahasan.....	25
3.3.5.1 Aspek Teknis.....	25
3.3.5.2 Aspek Lingkungan .....	25
3.3.5.3 Aspek Hukum.....	26
3.3.6 Kesimpulan dan Saran.....	26
BAB 4 ANALISI DAN PEMBAHASAN .....	27
4.1 Aspek Teknis.....	27
4.1.1 Sektor Transportasi .....	27
4.1.1.1 Perhitungan Tapak Karbon dari Sektor Transportasi.....	29

4.1.1.2 Perhitungan Faktor Emisi Spesifik dari Sektor Transportasi .....	30
4.1.1.3 Pemetaan Tapak Karbon dari Sektor Transportasi .....	34
4.1.2 Sektor Industri .....	39
4.1.2.1 Perhitungan Tapak Karbon dari Sektor Industri.....	39
4.1.2.2 Perhitungan Faktor Emisi Spesifik dari Sektor Industri.....	41
4.1.2.3 Pemetaan Tapak Karbon dari Sektor Industri.....	42
4.2 Aspek Lingkungan.....	46
4.2.1 Skenario Sektor Transportasi.....	47
4.2.2 Skenario Sektor Industri .....	50
4.3 Aspek Hukum .....	52
4.3.1 Aspek Hukum Sektor Transportasi.....	53
4.3.2 Aspek Hukum Sektor Industri .....	54
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....	57
5.1 Kesimpulan .....	57
5.2 Saran .....	59
DAFTAR PUSTAKA.....	61
LAMPIRAN A .....	63

## DAFTAR TABEL

2.1 Kecamatan-kecamatan di Kabupaten Sumenep Daratan .....	7
2.2 Jumlah Kendaraan di Kabupaten Sumenep .....	10
2.3 Jenis Industri yang Menggunakan Bahan Bakar.....	12
2.4 Nilai Faktor Emisi <i>Default</i> Bahan Bakar .....	17
2.5 Nilai <i>Net Calorific Volume Default</i> Bahan Bakar.....	18
2.6 Nilai Kalor Bahan Bakar Minyak di Indonesia.....	18
4.1 Jumlah SPBU dan Rata-rata Penjualan Bahan Bakar Minyak (BBM) .....	28
4.2 Konversi Jenis Kendaraan ke Satuan Mobil Penumpang (SMP).....	31
4.3 Jumlah Kendaraan Tiap Kecamatan di Kabupaten Sumenep .....	34
4.4 Jumlah Kendaraan dalam Bentuk SMP Tiap Kecamatan di Kabupaten Sumenep.....	35
4.5 Emisi CO <sub>2</sub> /Tahun Sektor Transportasi Tiap Kecamatan di Kabupaten Sumenep.....	36

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR GAMBAR

2.1 Peta Wilayah Kabupaten Sumenep.....	6
2.2 Rencana Tata Ruang Kabupaten Sumenep .....	8
2.3 Sektor Mata Pencaharian Penduduk Kabupaten Sumenep .....	9
3.1 Kerangka Penelitian Tesis.....	20
4.1 Pemetaan Emisi Karbon Sektor Transportasi di Kabupaten Sumenep .....	38
4.2 Emisi Karbon Berdasarkan Jenis Industri di Kabupaten Sumenep.....	40
4.3 Emisi CO <sub>2</sub> /Tahun Sektor Industri Tiap Kecamatan di Kabupaten Sumenep.....	43
4.4 Pemetaan Emisi Karbon Sektor Industri di Kabupaten Sumenep .....	44
4.5 Pemetaan Emisi Karbon Sektor Transportasi dan Industri di Kabupaten Sumenep.....	45
4.6 Emisi Karbon (ton CO <sub>2</sub> /tahun) Sektor Industri Skenario 1 .....	51
4.7 Emisi Karbon (ton CO <sub>2</sub> /tahun) Sektor Industri Skenario 2 .....	52

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Dua sektor besar penyumbang emisi karbon di udara adalah sektor transportasi dan industri. Hal ini dikarenakan kedua sektor ini sangat berkembang pesat di sebagian besar kota dan kabupaten di Indonesia. Berkembang pesatnya sektor transportasi dan industri sejalan dengan perkembangan ekonomi, teknologi serta penduduk. Semakin pesat perkembangan sektor transportasi dan industri ini, semakin besar pula emisi karbon yang dihasilkan yang menyebabkan penurunan kualitas lingkungan. Dampak negatif yang dihasilkan pun juga besar diantaranya bagi kesehatan dan penyumbang gas rumah kaca yang dapat menyebabkan pemanasan global.

Kegiatan transportasi mempunyai kontribusi terhadap polusi udara atmosfer. Setiap liter bahan bakar yang dibakar akan mengemisikan sekitar 100 gram Karbon Monoksida; 30 gram Oksida Nitrogen; 2,5 kg Karbon Dioksida dan berbagai senyawa lainnya termasuk senyawa sulfur (Hickman, 1999).

Pembangunan sektor industri sangat bermanfaat bagi kesejahteraan masyarakat karena akan menunjang aktivitas perdagangan dan perekonomian suatu wilayah, namun di pihak lain keberadaan industri menjadi sangat merugikan karena mengeluarkan emisi atau gas buang yang dapat mencemari lingkungan. Pencemaran udara dari kegiatan industri salah satunya dapat berasal dari emisi proses produksi (bahan bakar yang digunakan). Dalam konteks gas rumah kaca sebagai emisi gas buang yang dilepaskan ke udara ambien, penyumbang emisi terbesar dalam gas rumah kaca adalah emisi karbon. Bahkan saat ini diperkirakan konsentrasi CO<sub>2</sub> di atmosfer adalah yang paling dominan dari semua efek gas rumah kaca (Setiawan, 2010). Sejalan dengan hal tersebut, Lipinsky (1992) dalam Santoso dkk (2011) menyatakan sumbangan emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan dari aktivitas pembakaran fosil dari sektor industri cukup tinggi yaitu berkisar 10-12% .

Berdasarkan permasalahan di atas, maka negara melalui Peraturan Presiden Nomor 71 Tahun 2011 mengenai Penyelenggaraan Inventarisasi Gas

Rumah Kaca Nasional mewajibkan pemerintah provinsi dan kabupaten untuk melakukan inventarisasi Gas Rumah Kaca salah satunya adalah perhitungan tapak karbon. Inventarisasi yang dilakukan harus dilaporkan setiap 1 kali dalam setahun baik ditingkat provinsi maupun nasional serta ke sekretariat UNFCCC (*United Nations Framework Convention on Climate Change*). Oleh karena itu pada penelitian ini akan dilakukan perhitungan untuk estimasi tapak karbon dari sektor transportasi dan industri di wilayah studi yaitu Kabupaten Sumenep. Kabupaten Sumenep berdasarkan peta RTRW Jawa Timur merupakan daerah dengan fungsi pengembangan wilayah pertanian/hortikultura.

Setelah estimasi tapak karbon diperoleh, selanjutnya menghitung faktor emisi spesifik (FES) dari tapak karbon yang telah diperoleh. Faktor emisi spesifik yang ditentukan pada penelitian ini dapat digunakan sebagai acuan untuk mengestimasi tapak karbon di wilayah lain dengan fungsi pengembangan wilayah yaitu pertanian/hortikultura serta memiliki karakteristik yang sama dengan Kabupaten Sumenep. Dimana wilayah tersebut belum memiliki data yang valid dan lengkap guna perhitungan tapak karbon. Sehingga wilayah tersebut tetap dapat melakukan inventarisasi Gas Rumah Kaca.

Dari tapak karbon yang didapat dilakukan pemetaan terhadap wilayah studi sehingga dapat terlihat tapak karbon yang ada di wilayah studi tersebut. Untuk selanjutnya pemetaan yang diperoleh dapat digunakan untuk pengembangan wilayah tersebut agar dapat merata, dalam artian untuk wilayah dengan tapak karbon tinggi, tidak dilakukan pengembangan yang dapat menghasilkan emisi agar pencemaran udara di wilayah tersebut tidak semakin parah. Tapak karbon yang diperoleh dapat juga digunakan untuk mengembangkan strategi dalam rangka mengurangi produksi atau jumlah karbon tersebut.

Oleh karena itu pada penelitian ini selain mengembangkan aspek teknis (Estimasi tapak karbon, perhitungan faktor emisi spesifik, dan pemetaannya), aspek lain yang dikembangkan adalah lingkungan dan aspek hukum, dimana dari aspek lingkungan akan diperoleh beberapa skenario untuk mengetahui emisi yang dihasilkan dari beberapa skenario tersebut. Sedangkan untuk aspek hukum akan menghasilkan beberapa rekomendasi yang dapat digunakan oleh Kabupaten Sumenep untuk mengembangkan wilayah salah satunya untuk menyusun

kebijakan-kebijakan terkait pengelolaan pencemaran udara di Kabupaten Sumenep dari sektor transportasi dan industri. Pemilihan aspek lingkungan dan aspek hukum dikarenakan kedua aspek ini dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan dalam menghasilkan kebijakan-kebijakan yang terkait pengelolaan pencemaran udara.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah disampaikan dapat disusun beberapa rumusan masalah dari penelitian ini, yaitu:

1. Berapa estimasi tapak karbon dan FES (Faktor Emisi Spesifik) dari sektor transportasi dan industri dengan fungsi pengembangan wilayah pertanian/hortikultura di Kabupaten Sumenep - Jawa Timur.
2. Bagaimana pemetaan tapak karbon dari sektor transportasi dan industri di Kabupaten Sumenep - Jawa Timur
3. Apa saja rekomendasi yang dihasilkan dari aspek lingkungan dan aspek hukum.

## **1.3 Tujuan**

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menentukan estimasi tapak karbon dan FES (Faktor Emisi Spesifik) dari sektor transportasi dan industri dengan fungsi pengembangan wilayah pertanian/hortikultura di Kabupaten Sumenep - Jawa Timur.
2. Menentukan pemetaan tapak karbon dari sektor transportasi dan industri di Kabupaten Sumenep - Jawa Timur.
3. Menentukan rekomendasi yang dihasilkan dari aspek lingkungan dan aspek hukum.

## **1.4 Manfaat**

1. Memberikan informasi untuk pengembangan Kabupaten Sumenep - Jawa Timur.
2. Memberikan informasi mengenai konsentrasi karbon tiap kecamatan di Kabupaten Sumenep - Jawa Timur.

3. Faktor Emisi Spesifik yang dihasilkan di Kabupaten Sumenep dapat dijadikan acuan bagi perhitungan tapak karbon untuk kabupaten lain berkarakteristik sejenis yaitu wilayah pertanian dan hortikultura dari sektor transportasi dan Industri yang tidak memiliki data yang lengkap dan valid guna melakukan perhitungan tapak karbon.

### **1.5 Ruang Lingkup**

1. Penelitian ini dilakukan di Kabupaten Sumenep daratan – Jawa Timur yang mewakili sebagai wilayah pertanian/hortikultura dari sektor transportasi dan industri.
2. Data yang digunakan adalah data tahun 2012.
3. Emisi sektor transportasi yang dihitung adalah emisi transportasi darat.
4. Penelitian ini terdiri dari 3 aspek, yaitu:
  - Aspek Teknis
    - ✓ Penggunaan Jenis BBM (Gasolin dan Solar)
    - ✓ Jenis industri (Makanan, Logam Dasar dan Barang Galian Bukan Logam)
  - Aspek Lingkungan
  - Aspek Hukum
5. Parameter penelitian ini adalah Karbondioksida (CO<sub>2</sub>)
6. Perhitungan yang dilakukan adalah pada emisi primer
7. Perhitungan tapak karbon menggunakan IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) guidelines.

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Gambaran Umum Kabupaten Sumenep**

##### **2.1.1 Batas Wilayah Administrasi**

Letak Kabupaten Sumenep yang berada diujung Timur Pulau Madura merupakan Wilayah yang unik karena selain terdiri wilayah daratan juga terdiri dari kepulauan yang tersebar berjumlah 126 pulau (sesuai dengan hasil sinkronisasi luas Kabupaten Sumenep Tahun 2002). Kabupaten Sumenep terletak diantara 113 032 (54"-116 016 (48" Bujur Timur dan diantara 4 055 (-7 024 1 Lintang Selatan.

Gugusan pulau-pulau yang ada di Sumenep, Pulau yang paling utara adalah Pulau Karamian yang terletak di Kecamatan Masalembu dengan jarak  $\pm 151$  Mil laut dari Pelabuhan Kalianget, dan pulau yang paling Timur adalah Pulau Sakala dengan jarak  $\pm 165$  Mil laut dari Pelabuhan Kalianget. Sumenep memiliki batas-batas sebagai berikut :

- Sebelah Selatan berbatasan dengan Selat Madura
- Sebelah Utara berbatasan dengan Laut Jawa
- Sebelah Barat berbatasan dengan Kabupaten Pamekasan
- Sebelah Timur berbatasan dengan Laut Jawa / Laut Flores

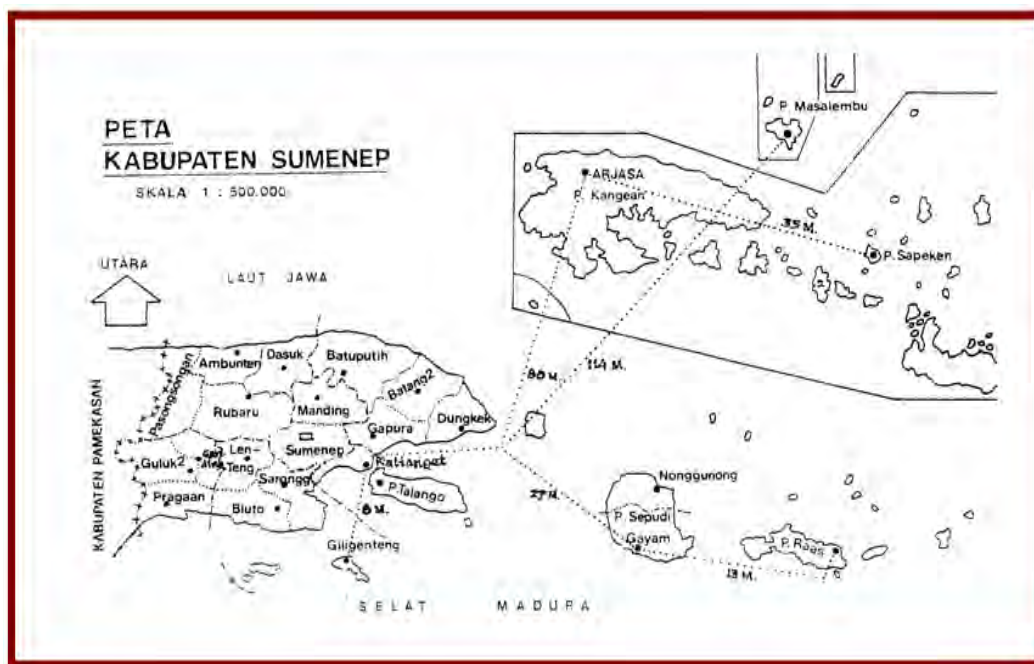
##### **2.1.2 Luas Wilayah**

Luas daerah Kabupaten Sumenep adalah  $2.095 \text{ km}^2$ , terdiri dari luas daratan  $1.147 \text{ km}^2$  (54,79%) dan luas kepulauan  $947 \text{ km}^2$  (45,21%) Sedangkan luas wilayah perairan Kabupaten Sumenep  $\pm 50.000 \text{ km}^2$ .

### 2.1.3 Wilayah Administrasi Pemerintah

Kabupaten Sumenep harus berada dibawah koordinasi atau sepengetahuan Pemerintah Kabupaten Sumenep untuk menjaga keserasian dan keterkaitannya dengan sektor lain dalam rangka mencapai sasaran dan tujuan pembangunan daerah yang telah ditetapkan.

Di Kabupaten Sumenep, jumlah kelurahan dan desa seluruhnya sebanyak 4 kelurahan dan 328 desa yang tersebar di 27 kecamatan daratan dan kepulauan; di kecamatan daratan terdapat 242 desa dan di kecamatan kepulauan terdapat 86 desa dengan jumlah pulau seluruhnya 126 pulau yang tersebar di Kabupaten Sumenep. Peta dari Kabupaten Sumenep dapat dilihat pada Gambar 2.2.



**Gambar 2.1** Peta Wilayah Kabupaten Sumenep

Sumber: <http://sumenep.go.id>

Adapun jumlah kecamatan di Kabupaten Sumenep daratan adalah sebanyak 18 kecamatan. Kedelapan belas kecamatan tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.1.

**Tabel 2.1** Kecamatan-kecamatan di Kabupaten Sumenep Daratan

No	Kecamatan	No	Kecamatan
1	Sumenep	10	Ambunten
2	Kalianget	11	Pasongsongan
3	Manding	12	Dasuk
4	Bluto	13	Rubaru
5	Saronggi	14	Batu Putih
6	Lenteng	15	Batang-batang
7	Guluk-guluk	16	Dungkek
8	Ganding	17	Gapura
9	Pragaan	18	Batuan

Sumber: <http://sumenep.go.id>

#### **2.1.4 Geografi**

Faktor geografi yang dimaksud antara lain mencakup aspek keadaan alam dan Sumber Daya Alam (SDA) sehingga dapat berpengaruh besar terhadap pembangunan pendidikan. Pengaruh ini dapat bersifat menunjang dan dapat pula bersifat penghambat. Tersedianya SDA merupakan faktor yang menunjang pendidikan baik langsung maupun tidak langsung. Keadaan geografi yang tidak menguntungkan antara lain keadaan pemukiman penduduk yang berpencar-pencar dan terpencil serta pemukiman yang padat merupakan kendala dalam upaya dalam peningkatan perluasan dan pemerataan kesempatan belajar. Keadaan topografi di wilayah Kabupaten Sumenep perlu diperhatikan dalam kaitannya dengan (1) rencana penentuan lokasi sekolah; (2) rencana rayonisasi penerimaan siswa baru; (3) rencana supervisi sekolah dan pengendalian; (4) rencana penempatan guru; (5) rencana pengadaan dan pendistribusian buku-buku serta peralatan pendidikan lainnya.

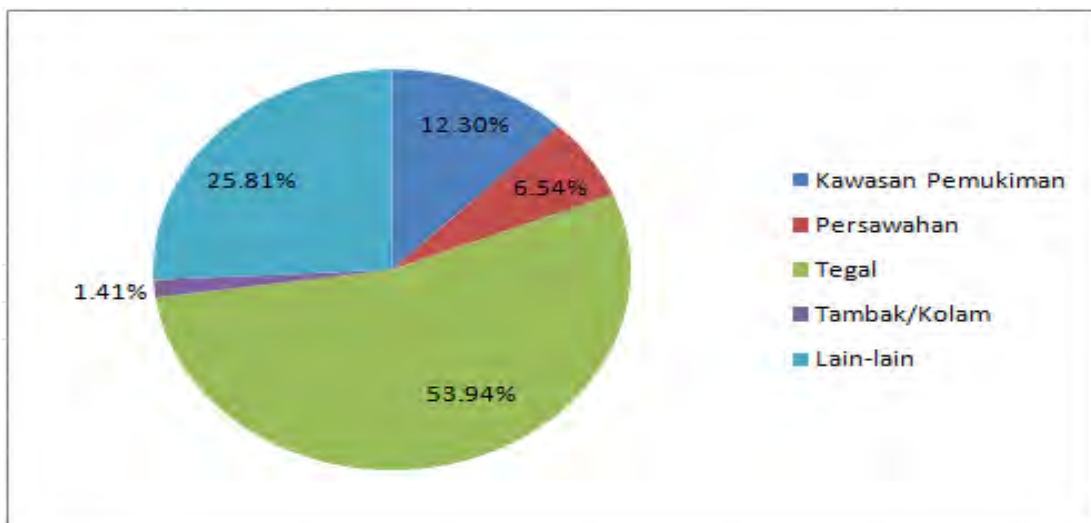
SDA baik yang terkandung di daratan, di sungai, maupun di laut (jika ada) merupakan potensi ekonomi yang besar. Hal itu berarti bahwa pengelolaan SDA secara efisien akan meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Peningkatan pendapatan



daerah dan kesejahteraan masyarakat jelas akan memberikan dampak positif terhadap penyediaan dana dan fasilitas pendidikan sehingga pengembangan pendidikan dapat terlaksana sesuai dengan harapan. Di Kabupaten Sumenep terdapat berbagai SDA, di antaranya yang menjadi andalan adalah: Pertanian, Perikanan Laut dan Tambak serta Perdagangan dan Industri. Rencana umum tata ruang (RUTR) Kabupaten Sumenep yang berwawasan ramah lingkungan harus dijadikan perencanaan terpadu pembangunan, agar tatanan lingkungan hidup dan pemanfaatan SDA, sumber daya manusia (SDM) dan sumber daya buatan (SDB) dapat dilakukan secara tepat guna, berdaya guna serta berhasil-guna secara berkelanjutan. Adapun rencana umum tata ruang tersebut adalah sebagai berikut:

- |                       |   |            |            |
|-----------------------|---|------------|------------|
| a. Kawasan pemukiman  | = | 25.156 ha  | ( 12,30 %) |
| b. Persawahan         | = | 13.388 ha  | ( 6,54 %)  |
| c. Perkebunan (Tegal) | = | 110.359 ha | ( 53,94 %) |
| d. Tambak / Kolam     | = | 2.887 ha   | ( 1,41 % ) |
| e. Lain- Lain         | = | 52.809 ha  | ( 25,81 %) |

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.3.



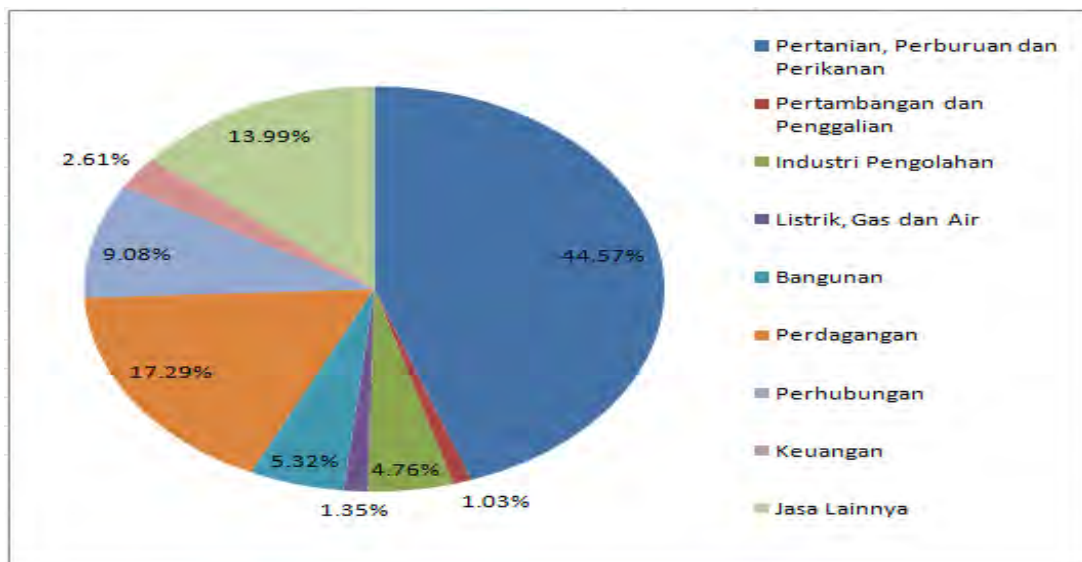
**Gambar 2.2** Rencana Tata Ruang Kabupaten Sumenep

Sumber: Sumenep Dalam Angka

Faktor iklim yang mencakup antara lain aspek lamanya musim kemarau dan musim penghujan serta banyaknya curah hujan juga akan berpengaruh terhadap lingkungan seperti terhadap tingkat kesuburan lahan, kekeringan, banjir dan sebagainya.

### 2.1.5 Ekonomi

Mata pencaharian penduduk di Kabupaten Sumenep terdiri dari beberapa sektor, diantaranya adalah sektor pertanian, perburuan, dan perikanan sebanyak 191.784 orang (44,57%), di sektor pertambangan dan penggalian sebanyak 4.450 orang (1,03%), disektor industri pengolahan sebanyak 20.467 orang (4,76%), disektor listrik, gas dan air sebanyak 5.794 orang (1,35%), disektor bangunan sebanyak 22.882 orang (5,32%), disektor perdagangan sebanyak 74.396 orang (17,29%), disektor perhubungan sebanyak 39.087 orang (9,08%) disektor keuangan sebanyak 11.252 orang (2,61%) disektor jasa lainnya sebanyak 60.205 orang (13,99 %). Lebih jelasnya mengenai sektor mata pencaharian penduduk Kabupaten Sumenep dapat dilihat pada Gambar 2.3.



**Gambar 2.3** Sektor Mata Pencaharian Penduduk Kabupaten Sumenep

Sumber: Sumenep Dalam Angka

## 2.2 Transportasi

Transportasi menjadi hal yang sangat penting dalam kehidupan di zaman serba teknologi seperti sekarang ini. Karena dengan transportasi, mobilitas manusia dari satu tempat ke tempat baik dekat maupun jauh menjadi lebih mudah. Namun disisi lain transportasi membawa dampak negatif baik bagi manusia maupun bagi bumi. Dampak negatif dari transportasi adalah emisi yang dihasilkannya. Hal ini didukung oleh Hickman (1999) yang menyatakan kegiatan transportasi mempunyai kontribusi terhadap polusi udara atmosfer. Setiap liter bahan bakar yang dibakar akan mengemisikan sekitar 100 gram Karbon Monoksida; 30 gram Oksida Nitrogen; 2,5 Kg Karbon Dioksida dan berbagai senyawa lainnya termasuk senyawa sulfur.

Kendaraan bermotor yang digunakan sekarang ini adalah penyebab polusi. Kebanyakan dari kendaraan bermotor mengubah fosil menjadi energi mekanik dan 40% energi fosil diubah menjadi energi panas yang pada akhirnya memanaskan lingkungan (Torok, 2005). Gas buang kendaraan bermotor merupakan sumber polusi udara yang utama di kawasan perkotaan. Emisi kendaraan bermotor disebabkan oleh perilaku mengemudi dan kondisi lingkungan. Emisi kendaraan bermotor akan berbeda dari satu daerah dengan daerah lainnya dikarenakan adanya perbedaan atau variasi desain jalan serta kondisi lalu-lintas (Liu dkk, 2006).

Berdasarkan Dinas Pendapatan Kabupaten Sumenep, jumlah kendaraan bermotor di Kabupaten Sumenep dapat dilihat pada Tabel 2.2 berikut ini.

**Tabel 2.2** Jumlah Kendaraan di Kabupaten Sumenep

<b>Jenis Kendaraan</b>	<b>Jumlah Kendaraan (Unit)</b>
Sepeda Motor	104.671
Mobil Penumpang Gasolin	3.190
Mobil Penumpang Solar	1.595
Mobil Barang	3.140
Mobil Bus	105

<b>Jenis Kendaraan</b>	<b>Jumlah Kendaraan (Unit)</b>
Alat Berat	36

Sumber: Dinas Pendapatan Kabupaten Sumenep

Tabel 2.2 menjelaskan jumlah sepeda motor di Kabupaten Sumenep adalah sebesar 104.671 unit. Jumlah mobil penumpang yang menggunakan bahan bakar gasolin (bensin) adalah 3.190 unit dan mobil penumpang yang menggunakan bahan bakar solar berjumlah 1.595 unit. Sehingga total jumlah mobil penumpang adalah 4785 unit. Mobil barang berjumlah 3.140 unit, mobil bus berjumlah 105 unit dan kendaraan alat berat berjumlah 36 unit.

Penelitian mengenai perhitungan emis CO<sub>2</sub> pernah dilakukan oleh Kusuma (2010) dengan wilayah studi Kota Surabaya. Berdasarkan penelitian tersebut Besarnya total perkiraan kontribusi emisi karbon dari kegiatan transportasi di wilayah Surabaya Barat, Surabaya Selatan, dan Surabaya Pusat dengan mengkonversikan jumlah kendaraan ke satuan mobil penumpang adalah sebesar 2,2 juta ton CO<sub>2</sub>/tahun, sedangkan yang tidak dikonversikan (berdasarkan jenis kendaraannya) sebesar 2,18 juta ton CO<sub>2</sub>/tahun.

### **2.3 Industri**

Industri adalah kegiatan pengolahan secara mekanik ataupun kimia, termasuk reparasi dan/atau perakitan, mengolah bahan mentah menjadi bahan baku ataupun bahan baku menjadi barang jadi yang memiliki nilai (Setiawan, 2011). Menurut Hoffman dan Busch, 2008 industri merupakan salah satu penyumbang karbon karena sebagian besar masukan karbon dan emisi gas rumah kaca berasal dari produksi industri. Sejalan dengan pernyataan Hoffman dan Busch. Lipinsky (1992) dalam Santoso dkk (2011) juga menyatakan sektor industri menyumbang emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan dari aktivitas pembakaran fosil dari sektor indutri cukup tinggi yaitu berkisar 10-12%.

Jenis-jenis industri di Kabupaten Sumenep berdasarkan Dinas Perindustrian dan Perdagangan Kabupaten Sumenep adalah sebagai berikut industri makanan (minyak kelapa, gula siwalan, keripik singkong, kerupuk ikan, petis, rengginang dan keripik gayam), industri barang galian bukan logam (genteng), industri anyaman (tikar dan pandan), industri kayu (ukiran kayu, warangka keris dan perahu kayu), industri furniture (mebel kayu), industri logam dasar (pande besi, keris). Adapun jenis industri yang menggunakan bahan bakar dalam proses produksinya adalah industri makanan, industri barang galian bukan logam dan industri logam dasar. Adapun jumlah industri dari tiap jenis industri tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.3.

**Tabel 2.3** Jenis Industri yang Menggunakan Bahan Bakar

No	Jenis Industri	Jumlah
1	Makanan	56
2	Barang Galian Bukan Logam	5
3	Logam Dasar	8

Sumber: Dinas Perindustrian dan Perdagangan Kabupaten Sumenep

Industri makanan terdiri dari minyak kelapa sebanyak 6 industri, gula siwalan sebanyak 27 industri, keripik singkong sebanyak 9 industri, kerupuk ikan sebanyak 7 industri, petis sebanyak 5 industri, rengginang 1 industri dan keripik gayam sebanyak 1 industri. Untuk industri logam dasar jumlah industri pande besi adalah sebanyak 4 industri dan industri keris sebanyak 4 industri. Untuk industri barang galian bukan logam, jumlah industri genteng adalah sebanyak 5 industri.

Penelitian sejenis pernah dilakukan oleh Setiawan (2011) mengenai perhitungan emisi karbon sektor industri di Kota Surabaya, untuk jenis atau golongan industri besar emisi terbesar berada di kawasan Rungkut dengan nilai emisi sebesar 7.423,7 ton CO<sub>2</sub>/bulan dan paling kecil di kawasan Margomulyo sebesar 883,32 ton CO<sub>2</sub>/bulan, untuk golongan industri menengah emisi terbesar berada di kawasan Rungkut dengan nilai emisi sebesar 745,35 ton CO<sub>2</sub>/bulan sedangkan paling kecil

pada kawasan Karang Pilang sebesar 32,53 ton CO<sub>2</sub>/bulan. Berdasarkan pemetaan Carbon Footprint, potensi emisi CO<sub>2</sub> paling besar berada pada kawasan Rungkut sebesar 8169,05 ton CO<sub>2</sub>/bulan dan yang paling kecil pada kawasan Margomulyo sebesar 1541,14 ton CO<sub>2</sub>/bulan.

## **2.4 Tapak Karbon**

Pada satu dekade terakhir ini konsep mengenai tapak karbon telah berkembang. Konsep tapak karbon ini fokus pada total jumlah Gas Rumah Kaca (GRK) terutama karbondioksida (CO<sub>2</sub>) yang dihasilkan baik langsung maupun tidak langsung dari kegiatan manusia. Emisi karbondioksida erat kaitannya dengan pemanasan global yang disebabkan oleh gas rumah kaca (GRK) karena karbondioksida merupakan salah satu gas rumah kaca. Menurut Pirkko (1990) kontribusi emisi karbondioksida terhadap efek rumah kaca sebesar 48% yang diikuti oleh sumber emisi lain seperti Freon (26%), ozon (10%), metan (8%), dinitroendioksida (6%) dan gas lain (2%). IPCC (2001) juga melaporkan bahwa kontribusi karbon dioksida terhadap pemanasan global sebesar 60%, metan (20%) dan nitro oksida (6%). Sejak tahun 1980, konsentrasi CO<sub>2</sub> di atmosfer meningkat sekitar 0,4 % setiap tahun, sekarang konsentrasi CO<sub>2</sub> di atmosfer diperkirakan sebesar 367 ppm.

Menurut Suhedi (2005), emisi CO<sub>2</sub> dapat dikategorikan menjadi:

- **Emisi Langsung (Primer)**

Emisi ini merupakan emisi yang keluar langsung dari aktifitas atau sumber dalam ruang batas yang ditetapkan. Contohnya emisi CO<sub>2</sub> dari kendaraan bermotor.

- **Emisi Tidak Langsung (Sekunder)**

Emisi ini merupakan hasil dari aktifitas di dalam ruang batas yang ditetapkan. Contohnya konsumsi energi listrik di rumah tangga.

Sedangkan berdasarkan jenisnya, emisi CO<sub>2</sub> dibagi 4 macam (Pradiptiyas dkk, 2011), yaitu:

- Mobile Transportation (sumber bergerak)  
Antara lain kendaraan bermotor, pesawat terbang, kereta api, kapal bermotor dan penengangan/evaporasi gasoline.
- Stationary Combustion (sumber tidak bergerak)  
Antara lain: perumahan, daerah perdagangan, tenaga dan pemasaran industri, termasuk tenaga uap yang digunakan sebagai energi oleh industri.
- Industrial Processes (proses industri)  
Antara lain: proses kimiawi, metalurgi, kertas dan penambangan minyak.
- Solid Waste Disposal (pembuangan sampah)  
Antara lain: buangan rumah tangga dan perdagangan, buangan hasil pertambangan dan pertanian.

Ketika prosedur yang sesuai telah diatur, tapak karbon suatu individu, bangsa, organisasi dan lain-lain dapat dihitung sebagai jumlah dampak karbon yang dihasilkan dan dapat diketahui strategi yang sesuai untuk mengurangi dampak karbon tersebut. Seperti dari pengembangan teknologi menuju proses manajemen yang lebih baik, dari petunjuk konsumsi menuju kebijakan bebas karbon, dan lain-lain (Postorino dan Mantecchini, 2014).

Seperti halnya dengan tapak ekologi, tapak karbon dapat diterapkan di perusahaan-perusahaan (industri). Topik mengenai tapak karbon pada industri telah menjadi fokus dari banyak penelitian. Dari beberapa tinjauan literatur, beberapa faktor yang mempengaruhi tapak karbon perusahaan-perusahaan sangat kompleks dan terdapat interaksi antara pemerintah, konsumen, dan kelompok (Liu, 2014).

Salah satu metode perhitungan tapak karbon adalah menggunakan rumus IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*). Metode IPCC menurut Lundie dkk (2009) merupakan referensi yang paling formal secara global diterima untuk menghitung gas rumah kaca (GRK) yang dihasilkan oleh suatu system. Petunjuk IPCC biasa digunakan untuk perluasan inventaris GRK pada level nasional. Database IPCC mencakup emisi faktor untuk seluruh sektor kegiatan. Metode IPCC tidak



hanya dapat digunakan pada level nasional, namun juga secara individual ataupun organisasi.

## 2.5 Perhitungan Emisi CO<sub>2</sub>

Berdasarkan IPCC 2006 *guidelines*, ketelitian penghitungan emisi GRK dikelompokkan dalam 3 tingkat ketelitian. Dalam kegiatan inventarisasi GRK, tingkat ketelitian perhitungan dikenal dengan istilah “Tier”. Tingkat ketelitian perhitungan terkait dengan data dan metoda perhitungan yang digunakan sebagaimana dijelaskan berikut ini:

- Tier 1 : Estimasi berdasarkan data aktivitas dan faktor emisi *default* IPCC.
- Tier 2 : Estimasi berdasarkan data aktivitas yang lebih akurat dan faktor emisi *default* IPCC atau faktor emisi spesifik suatu Negara atau suatu pabrik (*country specific/plant specific*)
- Tier 3 : Estimasi berdasarkan metoda spesifik suatu Negara dengan data aktivitas yang lebih akurat (pengukuran langsung) dan faktor emisi spesifik suatu Negara atau suatu pabrik (*country specific/plant specific*)

Penentuan Tier dalam inventarisasi GRK sangat ditentukan oleh ketersediaan data dan tingkat kemajuan suatu negara dalam hal penelitian untuk menyusun metodologi atau menentukan faktor emisi yang spesifik dan berlaku bagi negara tersebut. Perhitungan emisi CO<sub>2</sub> primer yang dihasilkan sektor transportasi ataupun industri berdasarkan IPCC *guidelines* dan UNFCCC (*United Nations Framework Convention on Climate Change*) adalah berdasarkan konsumsi bahan bakar yang dikonsumsi tiap bulan atau tiap tahun (L/bulan atau L/tahun). Dimana bahan bakar yang dikonsumsi dikali dengan densitas jenis bahan bakar sehingga didapat massa dari bahan bakar tersebut. Setelah itu massa bahan bakar dikali dengan CEF (*Carbon Emission Factor*) dan NCV (*Net Calorific Volume* atau *Energy Content*). Untuk lebih lengkapnya dapat dilihat pada persamaan 1.

$$\text{Emisi CO}_2 = \sum \text{FC} \times \text{CEF} \times \text{NCV} \dots\dots\dots 1$$

Keterangan:

Emisi CO<sub>2</sub> = Jumlah emisi CO<sub>2</sub> (Satuan Massa)

$\sum FC$  = Jumlah bahan bakar fosil yang digunakan (massa)

CEF = Carbon Emission Factor (ton CO<sub>2</sub>/TJ)

NCV = Nilai Net Calorific Volume (energy content) per unit massa atau volume bahan bakar (TJ/ton fuel)

## 2.6 Faktor Emisi

Faktor emisi adalah nilai yang berkorelasi dengan jumlah polutan yang dihasilkan ke atmosfer dan berhubungan dengan kegiatan yang menghasilkan suatu jenis polutan. Faktor emisi dihitung sebagai nilai rata-rata pada jangka waktu yang lama melalui interpretasi informasi teknik, dokumen tes emisi, system monitori emisi secara kontinyu (Melanta, 2010). Menurut PP No.71 Tahun 2011 faktor emisi adalah besaran emisi GRK yang dilepaskan ke atmosfer per satuan aktivitas tertentu.

Sedangkan Faktor Emisi Spesifik (FES) berdasarkan IPCC (2006) merupakan faktor emisi yang diperoleh dari perhitungan menggunakan data aktivitas dari suatu negara atau daerah. Sehingga faktor emisi spesifik yang telah diperoleh dapat digunakan untuk menghitung emisi di negara atau daerah yang sejenis atau setipe dengan negara atau daerah asal perhitungan faktor emisi spesifik. Karena faktor emisi spesifik suatu negara telah memperhitungkan kondisi negara tersebut maka tingkat ketidakpastian (uncertainty) pada Tier 2 lebih baik dibandingkan dengan tingkat ketidakpastian pada Tier 1.

Sedangkan apabila suatu daerah atau negara tidak memiliki faktor emisi spesifik, maka untuk proses inventarisasi emisi dapat menggunakan Tier 1. Pada Tier 1 faktor emisi yang digunakan adalah faktor emisi default atau faktor emisi yang telah ditetapkan secara internasional. Nilai dari Faktor Emisi *default* untuk tiap penggunaan bahan bakar berbeda-beda, menurut IPCC 2006 faktor emisi untuk beberapa bahan bakar adalah sebagai berikut.

**Tabel 2.4** Nilai Faktor Emisi *Default* Bahan Bakar

Bahan Bakar	Tipikal faktor emisi default (kg/TJ)
<b>Bahan Bakar Minyak</b>	
Gasolin	69300
Gas/Solar	74100
<b>Biomassa</b>	
Kayu Bakar	112000
Arang	112000
Biomassa solid lainnya	100000

Sumber: IPCC (2006)

Menurut Lestari (2005) dalam Kusuma (2010) faktor emisi dapat dinyatakan dalam unit sebagai berikut:

1. Gram/kilometer (g/km), gram menyatakan banyaknya pencemar yang akan diemisikan dan km menyatakan jarak tempuh kendaraan dalam kurun waktu tertentu.
2. Gram/kilogram (g/kg), gram menyatakan banyaknya pencemar yang akan diemisikan, kg menyatakan kuantitas bahan bakar yang digunakan.
3. Gram/joule (g/J), gram menyatakan banyaknya pencemar yang akan diemisikan, Joule menyatakan energy yang digunakan.

Dikebanyakan kasus, faktor ini merupakan rata-rata dari semua data yang tersedia yang menggambarkan kualitas udara dan umumnya diasumsikan sebagai data rata-rata representative dalam jangka waktu yang lama untuk berbagai sumber katagori.

Seperti nilai faktor emisi, nilai NCV juga berbeda-beda untuk tiap jenis bahan bakar. menurut IPCC 1996 faktor emisi untuk beberapa bahan bakar adalah sebagai berikut.

**Tabel 2.5** Nilai *Net Calorific Volume Default* Bahan Bakar

Bahan Bakar	Tipikal default NCV(TJ/Gg)
<b>Bahan Bakar Minyak</b>	
Gasolin	44,8
Solar	43,3
LPG	47,3
<b>Biomassa</b>	
Kayu Bakar	15
Arang	30
Serabut Kelapa	9,8
Jerami	15,2
Sekam	14,4
Biomassa lainnya (Daun Kelapa)	11

Sumber: IPCC (1996)

Berdasarkan Kementrian Lingkungan Hidup (2012) dalam Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional, nilai NCV untuk bahan bakar gasolin dan solar dapat dinyatakan dalam satuan (TJ/L). Nilai kalor ini merupakan nilai kalor bahan bakar Indonesia. Adapun nilai NCV bahan bakar tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.6.

**Tabel 2.6** Nilai Kalor Bahan Bakar Minyak di Indonesia

Bahan Bakar	Nilai Kalor (TJ/L)
Gasolin (Premium, Pertamina, Pertamina Plus)	$33 \times 10^{-6}$
Solar (HSD, ADO)	$33 \times 10^{-6}$

Keterangan: HSD : High Speed Diesel

ADO : Automotive Diesel Oil

Sumber: Kementerian Lingkungan Hidup (2012)

## **BAB 3**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

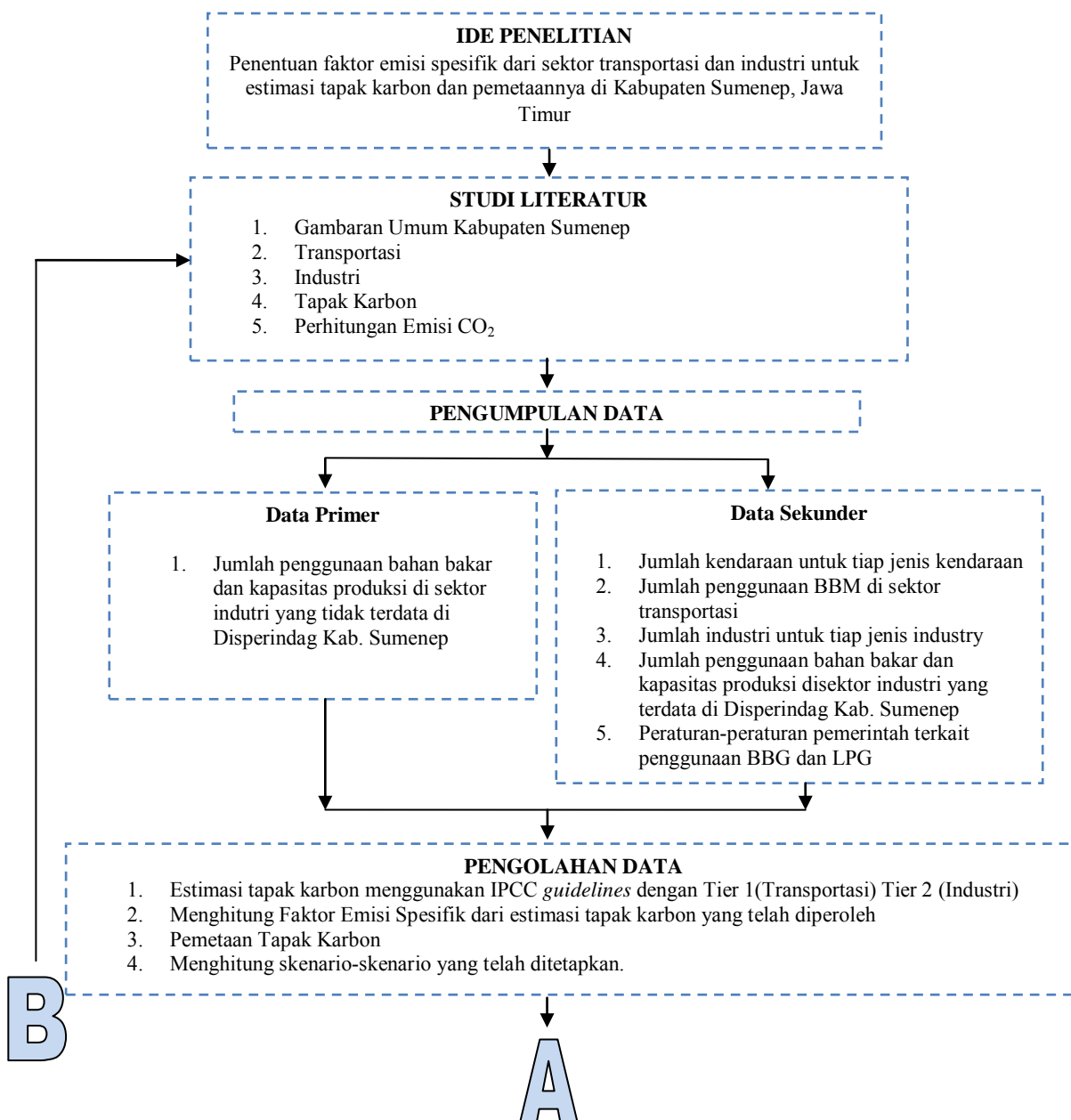
#### **3.1 Umum**

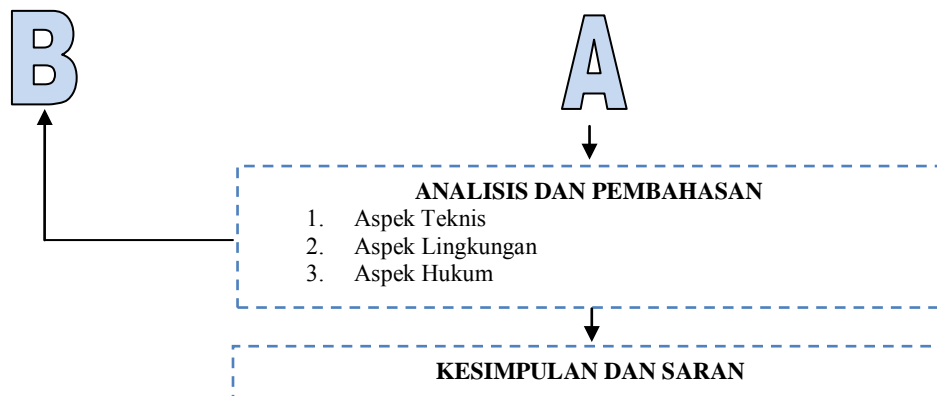
Penelitian tesis ini disusun terdiri dari 3 aspek yaitu aspek teknis, aspek lingkungan dan aspek hukum. Pada aspek teknis secara umum bertujuan untuk mengestimasi tapak karbon, menghitung faktor emisi spesifik dan memetakan tapak karbon dari sektor transportasi dan industri di Kabupaten Sumenep - Jawa Timur. Pemilihan Kabupaten Sumenep sebagai wilayah studi karena berdasarkan RTRW Jawa Timur, Kabupaten Sumenep merupakan salah satu wilayah dengan fungsi lahan adalah pertanian/hortikultura. Pengestimasian tapak karbon diawali dengan menghitung tapak karbon menggunakan IPPC *guidelines* Tier 1 untuk sektor transportasi dan Tier 2 untuk sektor industri, selanjutnya dari hasil tapak karbon yang didapat dibagi dengan jumlah data baik itu dari sektor transportasi maupun industri. Dari perhitungan tersebut didapatlah nilai Faktor Emisi Spesifik (FES). Dimana nantinya FES yang diperoleh dapat digunakan sebagai acuan estimasi tapak karbon untuk sektor transportasi dan industri pada wilayah lain yang tidak memiliki data yang valid dan lengkap dengan fungsi pengembangan wilayah pertanian/hortikultura.

Selanjutnya dari nilai tapak karbon yang diperoleh dilakukan pemetaan sehingga dapat terlihat tingkat konsentrasi tapak karbon di wilayah studi. Pemetaan yang dihasilkan dapat digunakan untuk pengembangan wilayah studi. Selanjutnya pada aspek lingkungan akan disusun beberapa skenario-skenario yang bertujuan untuk menentukan perubahan emisi karbon di tiap skenario. Hasil skenario-skenario ini dapat digunakan sebagai pedoman dalam rangka pengurangan emisi karbon salah satunya adalah pada aspek hukum. Dari aspek hukum ini diperoleh rekomendasi-rekomendasi terkait peraturan-peraturan yang harus ditetapkan dan diterapkan dalam rangka pengurangan emisi di Kabupaten Sumenep.

### 3.2 Kerangka Penelitian

Kerangka penelitian merupakan gambaran mengenai tahapan – tahapan yang disusun secara berurutan dan sistematis dalam melaksanakan penelitian ini. Untuk lebih jelas, kerangka penelitian dari penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.1.





**Gambar 3.1** Kerangka Penelitian Tesis

### **3.3 Tahap-Tahap Penelitian**

Tahap-tahap penelitian merupakan urutan kegiatan yang akan dilakukan sampai penelitian ini selesai. Berikut adalah tahap-tahap penelitian ini:

#### **3.3.1 Ide Penelitian**

Ide penelitian ini adalah Penentuan Faktor Emisi Spesifik (FES) dari sektor transportasi dan industri untuk estimasi tapak karbon di Kabupaten Sumenep-Jawa Timur. Pemilihan Kabupaten Sumenep sebagai daerah studi dikarenakan Kabupaten Sumenep menjadi salah satu acuan daerah dengan fungsi pengembangan wilayah pertanian/hortikultura. Diharapkan hasil akhir dari penelitian ini, faktor emisi spesifik yang didapatkan dapat dijadikan sebagai acuan mengestimasi tapak karbon di daerah lain di Jawa Timur bahkan di Indonesia dengan fungsi pengembangan wilayah pertanian/hortikultura dan berkarakteristik sama yang belum memiliki data yang lengkap dan valid. Pemetaan tapak karbon yang dihasilkan dapat digunakan untuk menyusun langkah strategis guna mengurangi emisi yang telah ada. Selain itu hasil dari perhitungan skenario-skenario yang ditentukan, dapat digunakan untuk penyusunan strategi dalam rangka pengurangan pencemaran udara salah satunya adalah melalui aspek hukum.



### **3.3.2 Studi Literatur**

Studi literatur dilakukan dari awal perencanaan sampai akhir bulan Oktober. Hal ini dilakukan untuk memperoleh dasar teori yang kuat dan akurat yang berasal dari teks *book*, laporan penelitian tesis, dan jurnal ilmiah untuk mendukung dari tesis ini. Beberapa bidang atau topik literatur yang digunakan adalah pencemaran udara yang bersumber pada sektor transportasi dan industri, tapak karbon dimana didalamnya juga terdapat penjelasan mengenai emisi CO<sub>2</sub>, perhitungan emisi karbon dan gambaran umum Kabupaten Sumenep.

### **3.3.3 Pengumpulan Data**

Pengumpulan data dilakukan untuk memperoleh data-data yang dibutuhkan agar penelitian dapat terlaksana. Adapun data yang dibutuhkan adalah data primer dan data sekunder.

#### **3.3.3.1 Data Primer**

Data primer merupakan data yang diperoleh dengan cara mengamati langsung di lapangan, bisa dengan wawancara dan lain-lain. Pengambilan data primer dimaksudkan untuk mengetahui/mengklarifikasi keadaan sebenarnya dilapangan berdasarkan data sekunder yang telah diperoleh. Adapun data-data primer yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah:

- Jumlah penggunaan BBM dan kapasitas produksi di sektor industri yang tidak terdata di Dinas Perindustrian dan Perdagangan.

Pengambilan data primer ini hanya untuk industri-industri yang tidak memiliki data jumlah penggunaan BBM dan kapasitas produksi di Disperindag Kabupaten Sumenep. Pengambilan data ini dilakukan dengan melakukan wawancara ke beberapa industri di wilayah studi. Data yang dibutuhkan adalah jumlah BBM yang digunakan dan kapasitas produksi tiap jenis industri. Sebagian data industri mengenai jumlah penggunaan BBM dan kapasitas produksi diperoleh di Dinas Perindustrian dan Perdagangan Kabupaten Sumenep.

### 3.3.3.2 Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang diperoleh melalui instansi-instansi terkait, dalam penelitian ini instansi-instansi terkait yaitu Dispenda Kab. Sumenep, Disperindag Kab. Sumenep. Data-data sekunder yang digunakan adalah data-data pada tahun 2012, karena data-data tahun 2012 merupakan data terbaru dan terlengkap. Adapun data-data sekunder yang dibutuhkan adalah

- Jumlah kendaraan untuk tiap jenis kendaraan  
Jumlah kendaraan untuk tiap jenis kendaraan diperoleh dari Dinas Pendapatan Kabupaten Sumenep
- Jumlah penggunaan BBM di sektor transportasi  
Jumlah penggunaan BBM di sektor transportasi diperoleh dari Disperindag Kabupaten Sumenep. Data ini merupakan data penjualan BBM di tiap SPBU di Kabupaten Sumenep, dimana penjualan BBM di tiap SPBU merupakan konsumsi BBM di sektor transportasi, karena semua pasokan BBM yang masuk ke tiap SPBU (penjualan) akan habis dikonsumsi masyarakat.
- Jumlah industri untuk tiap jenis industri  
Jumlah industri untuk tiap jenis industri didapat dari Disperindag Kabupaten Sumenep
- Jumlah penggunaan BBM dan kapasitas produksi di sektor industri yang terdata di Dinas Perindustrian dan Perdagangan.
- Peraturan-peraturan pemerintah daerah terkait penggunaan BBG (Bahan Bakar Gas) dan LPG (*Liquified Petroleum Gas*)

### 3.3.4 Pengolahan Data

Dari data yang didapat selanjutnya diolah. Adapun pengolahan data yang dilakukan, meliputi:

- Perhitungan estimasi tapak karbon dengan menggunakan IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) *guidelines* Tier 1 untuk sektor Transportasi dan Tier 2 untuk sektor industri. Perhitungan menggunakan data-

data jumlah bahan bakar yang telah digunakan masing-masing sektor baik transportasi maupun industri. Emisi yang dihasilkan memiliki satuan berat CO<sub>2</sub>/tahun (ton CO<sub>2</sub>/tahun)

- Perhitungan FES (Faktor Emisi Spesifik) untuk tiap data yang diperoleh menggunakan hasil perhitungan estimasi tapak karbon yang telah dihitung dibagi dengan jumlah data. Satuan faktor emisi spesifik yang diperoleh dari sektor transportasi adalah ton CO<sub>2</sub>/SMP (Satuan Mobil Penumpang). jenis bahan bakar. Sedangkan untuk industri satuan faktor emisi spesifik yang dihasilkan adalah ton CO<sub>2</sub>/satuan kapasitas produksi. tahun.
- Memetakan estimasi tapak karbon yang telah dihitung. Pemetaan ini dibuat berdasarkan tingkat konsentrasi pencemaran udara di wilayah studi dengan warna.
- Perhitungan skenario-skenario yang telah ditetapkan disektor transportasi dan industri.

### **3.3.5 Analisis dan Pembahasan**

#### **3.3.5.1 Aspek Teknis**

Pada aspek teknis akan dilakukan penjelasan mengenai perhitungan sesuai dengan pengolahan data yang telah dilakukan. Yaitu mulai dari perhitungan estimasi tapak karbon menggunakan Tier 1 untuk sektor transportasi dan Tier 2 untuk sektor industri, perhitungan faktor emisi spesifik dan memetakan tapak karbon yang telah dihitung dengan menggunakan program AutoCAD.

Dari pemetaan tapak karbon yang telah digambar, dapat digunakan untuk menyusun langkah strategis guna mengurangi emisi CO<sub>2</sub> atau tapak karbon yang telah tersebar.

#### **3.3.5.2 Aspek Lingkungan**

Pada aspek lingkungan ini akan ditentukan beberapa skenario-skenario di sektor transportasi dan industri, Pembuatan skenario berfungsi sebagai upaya atau langkah alternatif dalam rangka mengurangi emisi karbon di Kabupaten Sumenep

berdasarkan emisi karbon eksisting yang dihasilkan. Dari alternatif skenario-skenario yang ditentukan, dapat diketahui penurunan emisi sebagai bahan pertimbangan pemilihan alternatif. Adapun skenario-skenario dari tiap sektor adalah sebagai berikut.

- Sektor Transportasi

- ✓ Skenario 1 : Berapa emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan apabila seluruh masyarakat di Kabupaten Sumenep menggunakan BBG (Bahan Bakar Gas) sebagai bahan bakar kendaraan menggantikan BBM. Menimbang pemerintah sedang dalam proses mengganti BBM menjadi BBG karena persediaan BBM yang semakin menipis.
- ✓ Skenario 2 : Berapa emis CO<sub>2</sub> yang dihasilkan apabila hanya kendaraan yang menggunakan bahan bakar gasolin yang menggunakan BBG (Bahan Bakar Gas) sebagai bahan bakar kendaraan menggantikan BBM.
- ✓ Skenario 3 : Berapa emis CO<sub>2</sub> yang dihasilkan apabila hanya kendaraan yang menggunakan bahan bakar solar yang menggunakan BBG (Bahan Bakar Gas) sebagai bahan bakar kendaraan menggantikan BBM.

- Sektor Industri

- ✓ Skenario 1 : Berapa emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan apabila seluruh industri makanan menggunakan LPG sebagai bahan bakar. Alasan hanya industri makanan karena industri logam dan bahan bangunan tidak dapat mengganti bahan bakar untuk proses produksinya menjadi LPG.
- ✓ Skenario 2 : Berapa emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan apabila setengah industri makanan yang menggunakan kayu bakar sebagai bahan bakar dalam proses industri mengganti LPG sebagai bahan bakar.

#### **3.3.5.3 Aspek Hukum**

Aspek hukum akan menjelaskan mengenai hukum/peraturan di Kabupaten Sumenep yang mengatur mengenai sektor transportasi dan industri. Dari kondisi eksisting tersebut akan dibuat suatu rekomendasi peraturan yang lebih baik terkait emisi yang dihasilkan oleh sektor transportasi dan industri.

#### **3.3.6 Kesimpulan dan Saran**

Kesimpulan diperoleh berdasarkan hasil dari analisis dan pembahasan sesuai dengan tujuan penelitian. Sedangkan saran merupakan hal-hal yang perlu ditindak lanjuti dari penelitian ini.

## **BAB 4**

### **ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Aspek Teknis**

Pada aspek ini akan dilakukan perhitungan terhadap kedua sektor, dimana perhitungan meliputi mengestimasi nilai tapak karbon (nilai emisi karbon), menentukan Faktor Emisi Spesifik (FES), serta pemetaan tapak karbon untuk kedua sektor. Dalam perhitungan-perhitungan tersebut terdapat beberapa variabel. Untuk sektor transportasi, variable penelitian yang digunakan adalah penggunaan jenis bahan bakar minyak (Gasolin dan Solar). Sedangkan untuk sektor industri, variable penelitian yang digunakan adalah jenis industri (Makanan, Logam Dasar dan Barang Galian Bukan Logam) serta jenis bahan bakar yang digunakan (Kayu bakar dan LPG). Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data pada tahun 2012 karena data pada tahun 2012 data paling lengkap yang diperoleh dari instansi-instansi terkait.

##### **4.1.1 Sektor Transportasi**

Data-data yang dibutuhkan dari sektor transportasi untuk menghitung Faktor Emisi Spesifik (FES) dan estimasi tapak karbon didapat dari berbagai sumber. Diantaranya adalah data jumlah kendaraan di Kabupaten Sumenep yang diperoleh dari Dinas Pendapatan Kabupaten Sumenep. Data ini dapat dilihat pada Tabel 2.1 mengenai Jumlah Kendaraan di Kabupaten Sumenep. Berdasarkan penggunaan bahan bakarnya, jenis kendaraan yang menggunakan gasolin (bensin) adalah sepeda motor dan mobil penumpang berbahan bakar gasolin. Sedangkan untuk jenis kendaraan mobil penumpang solar, mobil barang, mobil bus dan alat berat menggunakan bahan bakar solar. Informasi mengenai penggunaan bahan bakar pada tiap jenis kendaraan tersebut diperoleh dari Dinas Pendapatan Kabupaten Sumenep. Data jenis kendaraan digunakan untuk mencari FES berdasarkan jenis kendaraan.

Selain data jumlah kendaraan, data yang dibutuhkan selanjutnya adalah data penjualan bahan bakar minyak (BBM) di tiap SPBU (Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum) di Kabupaten Sumenep. Adapun jumlah SPBU di Kabupaten Sumenep adalah 11 unit. Data ini diperoleh dari Dinas Perindustrian dan Perdagangan Kabupaten Sumenep. Data selengkapnya mengenai rata-rata penjualan bahan bakar minyak di tiap SPBU di Kabupaten Sumenep dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut.

**Tabel 4.1** Jumlah SPBU dan Rata-rata Penjualan Bahan Bakar Minyak (BBM)

No	Lokasi SBPU	Penjualan per Bulan (Kilo Liter)		
		Premium	Pertamax	Solar
1	Desa Paberasan Kec. Kota	260	-	130
2	Desa Pamolokan Kec. Kota	545	-	170
3	Desa Kolor Kec. Kota	687	252	147.5
4	Desa Gedungan Kec. Kota	330	125	260
5	Desa Patian Kec. Batuan	420	-	205
6	Desa Pekandangan Kec. Bluto	210	-	210
7	Desa Pragaan	405	-	190
8	Desa Ambunten Kec. Ambunten	420	-	360
9	Desa Dungkek Kec. Dungkek	380	-	230
10	Kecamatan Manding	295	36	175
11	Desa Kalianget Timur Kec. Kalianget	280	-	410
<b>Total</b>		4.232	413	2.487,5
<b>Total Gasolin</b>		<b>4.645</b>		
<b>Total Solar</b>		<b>2.487,5</b>		

Keterangan: Pertamax hanya terdapat di SPBU Desa Kolor Kec. Kota, Desa Gedungan Kec. Kota dan Kecamatan Manding.

Sumber: Dinas Perindustrian dan Perdagangan Kabupaten Sumenep

Berdasarkan data pada Tabel 4.1 jenis bahan bakar minyak yang digunakan di Kabupaten Sumenep adalah premium dan pertamax (gasoline) serta

solar. Dari kesebelas SPBU, penjualan rata-rata bahan bakar minyak jenis gasoline perbulan adalah sebesar 4.645 kL sehingga dalam setahun penjualan rata-rata menjadi 55740 kL atau 55.740.000 L. Untuk penjualan rata-rata perbulan bahan bakar minyak jenis solar sebesar 2.487,5 kL sehingga dalam setahun penjualan rata-rata menjadi 29.850 kL atau 29.850.000 L. Penggunaan data jumlah penjualan rata-rata bahan bakar minyak di tiap SPBU ini digunakan untuk mendapatkan FES berdasarkan konsumsi BBM.

#### 4.1.1.1 Perhitungan Tapak Karbon dari Sektor Transportasi

Perhitungan Faktor Emisi Spesifik (FES) untuk sektor transportasi berdasarkan konsumsi bahan bakar. Langkah pertama yang dilakukan adalah menghitung nilai emisi karbon (tapak karbon) menggunakan IPPC Tier 1 sesuai dengan persamaan 1.

- ✓ Perhitungan mencari nilai Tapak Karbon/ Emisi CO<sub>2</sub> dari bahan bakar gasoline

$$\begin{aligned}
 \text{Konsumsi Energi} &= \text{Konsumsi BBM Gasolin (L)} \times \text{Nilai Kalor Gasolin (TJ/L)} \\
 &= 55.740.000 \text{ L} \times 33 \times 10^{-6} \text{ TJ/L} \\
 &= 1839,42 \text{ TJ/tahun}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Emisi CO}_2 &= \text{Konsumsi Energi (TJ/tahun)} \times \text{Faktor Emisi Gasolin (kg CO}_2\text{/TJ)} \\
 &= 1839,42 \text{ TJ/tahun} \times 69.300 \text{ kg/TJ} \\
 &= 127.471,81 \text{ kg CO}_2 \\
 &= 127.471,81 \text{ ton CO}_2\text{/tahun}
 \end{aligned}$$

- ✓ Perhitungan mencari nilai Tapak Karbon/ Emisi CO<sub>2</sub> dari bahan bakar solar

$$\begin{aligned}
 \text{Konsumsi Energi} &= \text{Konsumsi BBM Solar (L)} \times \text{Nilai Kalor Solar (TJ/L)} \\
 &= 29.850.000 \text{ L} \times 36 \times 10^{-6} \text{ TJ/L} \\
 &= 1074,6 \text{ TJ/tahun}
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
\text{Emisi CO}_2 &= \text{Konsumsi Energi (TJ/tahun)} \times \text{Faktor Emisi Solar} \\
&\quad (\text{kg CO}_2/\text{TJ}) \\
&= 1074,6 \text{ TJ/tahun} \times 74.100 \text{ kg/TJ} \\
&= 79.627.860 \text{ kg CO}_2/\text{tahun} \\
&= 79.627,860 \text{ ton CO}_2/\text{tahun}
\end{aligned}$$

Sehingga Emisi Total yang dihasilkan dari sektor transportasi adalah:

$$\begin{aligned}
\text{Emisi CO}_2 \text{ Total} &= \text{Emisi total bahan bakar gasolin} + \text{Emisi total bahan bakar} \\
&\quad \text{solar} \\
&= 127.471,81 \text{ ton CO}_2/\text{tahun} + 79.627,86 \text{ ton CO}_2/\text{tahun} \\
&= 207.099,67 \text{ ton CO}_2/\text{tahun}
\end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan terlihat bahwa emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan dari bahan bakar gasolin lebih besar dibandingkan dengan nilai emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan dari bahan bakar solar. Hal ini disebabkan karena jumlah pasokan atau konsumsi bahan bakar gasolin lebih banyak dibandingkan solar. Sedangkan emisi CO<sub>2</sub> pada sektor transportasi di Kabupaten Sumenep ini lebih kecil dibandingkan dengan Kota Surabaya sebagai ibukota Jawa Timur. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Kusuma (2010) total emisi sektor transportasi untuk wilayah Surabaya Barat, Surabaya Selatan, dan Surabaya Pusat dengan mengkonversikan jumlah kendaraan ke satuan mobil penumpang adalah sebesar 2,2 juta ton CO<sub>2</sub>/tahun, sedangkan yang tidak dikonversikan (berdasarkan jenis kendaraannya) sebesar 2,18 juta ton CO<sub>2</sub>/tahun. Hal ini karena jumlah kendaraan di Kota Surabaya lebih banyak dibandingkan dengan Kabupaten Sumenep, sehingga konsumsi dan pasokan BBM yang dibutuhkan juga besar. Sehingga emisi CO<sub>2</sub> dari sektor transportasi yang dihasilkan suatu daerah berbanding lurus dengan jumlah konsumsi BBM pada daerah tersebut.

#### **4.1.1.2 Perhitungan Faktor Emisi Spesifik dari Sektor Transportasi**

Dalam memperoleh Faktor Emisi Spesifik, dibutuhkan data jumlah kendaraan untuk dibagi oleh tapak karbon/ emisi karbon. Data jumlah kendaraan yang diperoleh dalam satuan unit diubah dalam satuan SMP (Satuan Mobil

Penumpang) agar jenis kendaraan yang berbeda-beda dapat dijadikan satuan yang sama. Adapun konversi tiap jenis kendaraan berbeda-beda. Menurut (Direktorat Jendral Bina Marga, 1997) konversi jenis kendaraan ke Satuan Mobil Penumpang (SMP) dapat dilihat pada Tabel 4.2

**Tabel 4.2** Konversi Jenis Kendaraan ke Satuan Mobil Penumpang (SMP)

<b>No</b>	<b>Jenis Kendaraan</b>	<b>Definisi</b>	<b>Jenis-Jenis Kendaraan</b>	<b>SMP</b>
<b>1</b>	Kendaraan Ringan	Kendaraan ringan (LV=Light Vehicle) kendaraan bermotor dua as beroda 4 dengan jarak as 2-3 m	Mobil pribadi, oplet, mikrobis, pick up, truk kecil	1
<b>2</b>	Kendaraan Berat	Kendaraan umum (HV=Heavy Vehicle) kendaraan bermotor dengan lebih dari empat roda	Bus, truck 2 as, truck 3 as dan truck kombinasi sesuai sistem klasifikasi Bina Marga	1,2
<b>3</b>	Sepeda Motor	Sepeda motor (MC=Motor Cycle) kendaraan bermotor dengan lebih dua atau tiga roda	Sepeda motor dan kendaraan beroda tiga sesuai sistem klasifikasi Bina Marga	0,25
<b>4</b>	Kendaraan Tak Bermotor	Kendaraan tak bermotor (UM=Unmotorized) Kendaraan beroda yang menggunakan tenaga manusia atau hewan	Sepeda, becak, kereta kuda, kereta dorong	0,8

Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga, 1997

- ✓ Perhitungan mencari nilai FES dari bahan bakar gasoline

$$\begin{aligned}\text{SMP Sepeda Motor} &= 0,25 \times \text{Total Sepeda Motor} \\ &= 0,25 \times 104.671 \\ &= 26.168 \text{ SMP}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{SMP Mobil Penumpang Gasolin} &= 1 \times \text{Total Mobil Penumpang Gasolin} \\ &= 1 \times 3.190 \\ &= 3.190 \text{ SMP}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Total} &= \text{SMP Sepeda Motor} + \text{SMP Mobil Penumpang Gasolin} \\ &= 26.168 \text{ SMP} + 3.190 \text{ SMP} \\ &= 29.358 \text{ SMP}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{FES untuk bahan bakar gasolin} &= \text{Emisi CO}_2 \text{ (kg CO}_2\text{/tahun) : SMP} \\ &\text{(Sepeda motor dan mobil gasolin)} \\ &= 127.471,81 \text{ ton CO}_2 : 29.358 \text{ SMP} \\ &= 4,34 \text{ ton CO}_2\text{/ SMP bahan bakar gasolin}\end{aligned}$$

- ✓ Perhitungan mencari nilai FES dari bahan bakar solar

$$\begin{aligned}\text{SMP Mobil Penumpang Solar} &= 1 \times \text{Total Mobil Penumpang Solar} \\ &= 1 \times 1.595 \\ &= 1.595 \text{ SMP}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{SMP Mobil Barang} &= 1,2 \times \text{Total Mobil Barang} \\ &= 1,2 \times 3.140 \\ &= 3.768 \text{ SMP}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{SMP Mobil Bus} &= 1,2 \times \text{Total Mobil Bus} \\ &= 1,2 \times 105 \\ &= 126 \text{ SMP}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{SMP Alat Berat} &= 1,2 \times \text{Total Alat Berat} \\ &= 1,2 \times 36\end{aligned}$$

$$= 43 \text{ SMP}$$

$$\begin{aligned} \text{Total} &= \text{SMP Mobil Penumpang Solar} + \text{SMP Mobil Barang} + \text{SMP} \\ &\quad \text{Mobil Bus} + \text{SMP Alat Berat} \\ &= 1.595 \text{ SMP} + 3.768 \text{ SMP} + 126 \text{ SMP} + 43 \text{ SMP} \\ &= 5532 \text{ SMP} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{FES untuk bahan bakar solar} &= \text{Emisi CO}_2 \text{ (kg CO}_2\text{/tahun) : SMP} \\ &\quad \text{Mobil penumpang Solar} + \text{mobil} \\ &\quad \text{barang} + \text{mobil bus} + \text{alat berat.} \\ &= 79.611,85 \text{ ton CO}_2 : 5532 \text{ SMP} \\ &= 14,39 \text{ ton CO}_2 / \text{SMP bahan bakar} \\ &\quad \text{solar} \end{aligned}$$

✓ Perhitungan mencari nilai FES dari sektor transportasi

$$\begin{aligned} \text{FES untuk sektor transportasi} &= \text{Emisi CO}_2 \text{ (kg CO}_2\text{/tahun) : SMP sepeda} \\ &\quad \text{motor} + \text{mobil penumpang} + \text{mobil barang} \\ &\quad + \text{mobil bus} + \text{alat berat.} \\ &= 207.083,66 \text{ ton CO}_2\text{/tahun} : 34.890 \text{ SMP} \\ &= 5,94 \text{ ton CO}_2 / \text{SMP} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan FES untuk jenis bahan bakar gasolin dan solar, diperoleh bahwa FES untuk bahan bakar solar lebih besar dibandingkan dengan FES bahan bakar gasolin. Hal ini dikarenakan jumlah kendaraan berbahan bakar solar lebih kecil dibandingkan dengan jumlah kendaraan berbahan bakar gasolin. Selain itu jumlah konsumsi bahan bakar solar tersebut tidak semuanya digunakan untuk transportasi darat. Berdasarkan perekonomian, sebagian besar masyarakat Kabupaten Sumenep bermata pencarian dibidang pertanian, perburuan dan perikanan. Hal ini didukung dengan luasnya lautan yang dimiliki Kabupaten Sumenep. Untuk melaut, para nelayan banyak yang menggunakan bahan bakar solar. Solar tersebut diperoleh dari beberapa SPBU di Kabupaten Sumenep. Akibatnya nilai FES yang diperoleh untuk bahan bakar solar jauh lebih besar dibandingkan FES bahan bakar gasolin.

FES bahan bakar solar ini dapat digunakan untuk mengetahui emisi dari perkapalan yang dinyatakan dalam bentuk satuan mobil penumpang, begitu juga dengan FES transportasi yang diperoleh. FES ini dapat digunakan untuk daerah dengan fungsi pengembangan wilayah pertanian/hortikultura yang memiliki perairan atau pesisir pantai. Penelitian yang sama mengenai Faktor Emisi Spesifik dilakukan oleh Dinora (2014) dengan studi kasus Kota Malang dengan fungsi pengembangan wilayah pariwisata dan pendidikan. Nilai FES yang diperoleh pada sektor transportasi di Kota Malang adalah sebesar 3,33 ton CO<sub>2</sub>/ SMP. Bila dibandingkan dengan Kabupaten Sumenep, maka nilai FES Kabupaten Sumenep lebih besar dari pada Kota Malang hal tersebut disebabkan karena jumlah kendaraan di Kabupaten Sumenep lebih sedikit daripada Kota Malang, sehingga pembagian per SMP kendaraan juga menjadi kecil oleh karena itu FES yang diperoleh juga menjadi besar.

#### 4.1.1.3 Pemetaan Tapak Karbon dari Sektor Transportasi

Untuk memetakan tapak karbon dari sektor transportasi dibutuhkan data jumlah kendaraan tiap kecamatan di Kabupaten Sumenep. Data jumlah kendaraan yang diperoleh dikonversi dalam bentuk SMP (Satuan Mobil Satuan). Adapun data jumlah kendaraan tiap kecamatan di Kabupaten Sumenep dapat dilihat pada Tabel 4.3 berikut ini.

**Tabel 4.3** Jumlah Kendaraan Tiap Kecamatan di Kabupaten Sumenep

No	Kecamatan	Jumlah Kendaraan (unit)				
		Motor	Mobil	Mobil Bus	Mobil Barang	Alat Berat
1	Sumenep	30.451	2.084	19	736	27
2	Kalianget	8.786	266	2	133	7
3	Manding	4.534	161	0	177	0
4	Bluto	5.020	281	11	197	0
5	Saronggi	6.051	220	20	143	0
6	Lenteng	7.159	264	12	191	0
7	Guluk-guluk	2.060	126	0	94	0
8	Ganding	2.544	146	0	102	0
9	Pragaan	3.417	223	29	169	0
10	Ambunten	4.440	142	1	150	0

**Tabel 4.3** (Lanjutan)

No	Kecamatan	Jumlah Kendaraan (unit)				
		Motor	Mobil	Mobil Bus	Mobil Barang	Alat Berat
11	Pasongsongan	2.727	106	2	147	0
12	Dasuk	3.897	98	1	118	0
13	Rubaru	4.303	76	1	143	0
14	Batu Putih	4.460	86	0	210	1
15	Batang-batang	4.444	135	2	148	0
16	Dungkek	2.846	91	0	109	0
17	Gapura	4.954	144	2	115	1
18	Batuan	2.578	136	3	58	0

Sumber: Dinas Pendapatan Kabupaten Sumenep

Berdasarkan data pada Tabel 4.3 terlihat bahwa jumlah kendaraan terbanyak untuk semua jenis kendaraan ada di Kecamatan Sumenep. Hal tersebut karena Kecamatan Sumenep merupakan pusat pemerintahan Kabupaten Sumenep dimana berdasarkan fasilitas yang dimiliki Kecamatan Sumenep merupakan kawasan perkotaan. Selanjutnya data jumlah kendaraan pada Tabel 4.3 dikonversi dalam bentuk SMP, hasil dari konversi dapat dilihat pada Tabel 4.4 berikut ini.

**Tabel 4.4** Jumlah Kendaraan dalam Bentuk SMP Tiap Kecamatan di Kabupaten Sumenep

No	Kecamatan	Jumlah Kendaraan (SMP)					Total (SMA)
		Motor	Mobil	Mobil Bus	Mobil Barang	Alat Berat	
1	Sumenep	7.613	2.084	23	883	32	10.635
2	Kalianget	2.197	226	2	160	8	2.593
3	Manding	1.134	161	0	212	0	1.507
4	Bluto	1.255	281	13	236	0	1.786
5	Saronggi	1.513	220	24	172	0	1.928
6	Lenteng	1.790	272	14	229	0	2.305
7	Guluk-guluk	515	125	0	113	0	753
8	Ganding	636	146	0	122	0	904
9	Pragaan	854	223	35	203	0	1.315
10	Ambunten	1.110	142	1	180	0	1.433
11	Pasongsongan	682	106	2	176	0	967
12	Dasuk	974	98	1	142	0	1.215
13	Rubaru	1.076	76	1	172	0	1.325

**Tabel 4.4** (Lanjutan)

No	Kecamatan	Jumlah Kendaraan (SMP)					Total (SMA)
		Motor	Mobil	Mobil Bus	Mobil Barang	Alat Berat	
14	Batu Putih	1.115	86	0	252	1	1.454
15	Batang-batang	1.111	135	2	178	0	1.426
16	Dungkek	712	91	0	131	0	933
17	Gapura	1.239	144	2	138	1	1.524
18	Batuan	645	134	4	70	0	852

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari tiap jenis kendaraan di tiap kecamatan yang telah dikonversi dalam bentuk SMP, selanjutnya ditotal sehingga diketahui total SMP di tiap kecamatan. Selanjutnya jumlah kendaraan yang sudah dalam bentuk SMP dikali dengan FES (Faktor Emisi Spesifik) transportasi sehingga diperoleh emisi CO<sub>2</sub> tiap kecamatan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada contoh perhitungan emisi CO<sub>2</sub> di Kecamatan Sumenep berikut ini.

$$\begin{aligned}
 \text{Emisi CO}_2 \text{ di Kecamatan Sumenep} &= \text{Total SMP di Kecamatan Sumenep} \times \text{FES} \\
 &\quad \text{Transportasi} \\
 &= 10635 \text{ SMP} \times 5,94 \text{ ton CO}_2/\text{SMP} \\
 &= 63.172,79 \text{ ton CO}_2.
 \end{aligned}$$

Perhitungan emisi CO<sub>2</sub> pada kecamatan lainnya sama dengan perhitungan emisi CO<sub>2</sub> pada kecamatan Sumenep. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 4.5 berikut ini.

**Tabel 4.5** Emisi CO<sub>2</sub>/Tahun Sektor Transportasi Tiap Kecamatan di Kabupaten Sumenep

No	Kecamatan	Total (SMA) [A]	FES Transportasi (Ton CO <sub>2</sub> /SMA) [B]	Emisi (Ton CO <sub>2</sub> ) [C]=[A]*[B]
1	Sumenep	10.635	5.94	63.172,79
2	Kalianget	2.593	5.94	15.401,83
3	Manding	1.507	5.94	8.950,99
4	Bluto	1.786	5.94	10.606,46
5	Saronggi	1.928	5.94	11.454,40

**Tabel 4.5** (Lanjutan)

No	Kecamatan	Total (SMA) [A]	FES Transportasi (Ton CO <sub>2</sub> /SMA) [B]	Emisi (Ton CO <sub>2</sub> ) [C]=[A]*[B]
6	Lenteng	2.305	5.94	13.693,78
7	Guluk-guluk	753	5.94	4.471,63
8	Ganding	904	5.94	5.372,14
9	Pragaan	1.315	5.94	7.810,21
10	Ambunten	1.433	5.94	8.513,21
11	Pasongsongan	967	5.94	5.741,31
12	Dasuk	1.215	5.94	7.217,40
13	Rubaru	1.325	5.94	7.867,83
14	Batu Putih	1.454	5.94	8.637,95
15	Batang-batang	1.426	5.94	8.470,44
16	Dungkek	933	5.94	5.543,80
17	Gapura	1.524	5.94	9.053,15
18	Batuan	852	5.94	5.059,10

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan perhitungan pada Tabel 4.5 kecamatan yang memiliki emisi CO<sub>2</sub> paling besar adalah Kecamatan Sumenep yaitu sebesar 63.172,79 Ton CO<sub>2</sub>, hal ini karena emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan sebanding dengan jumlah kendaraan yang dimiliki di tiap kecamatan. Kecamatan Sumenep memiliki jumlah kendaraan paling besar dibanding kecamatan-kecamatan lain. Sedangkan kecamatan yang memiliki emisi CO<sub>2</sub> paling kecil adalah Kecamatan Guluk-guluk dengan jumlah sebesar 4.471,63 ton CO<sub>2</sub>. Hal ini karena total kendaraan di Kecamatan Batuan paling sedikit dibanding kecamatan lainnya.

Selanjutnya dilakukan pemetaan terhadap total emisi CO<sub>2</sub> tiap kecamatan-kecamatan tersebut agar dapat terlihat tingkat konsentrasi CO<sub>2</sub> di tiap kecamatan di Kabupaten Sumenep dari sektor transportasi. Pemetaan ini berfungsi untuk memudahkan melihat total dan tingkat emisi di tiap kecamatan melalui warna. Melalui warna tersebut dapat diketahui dengan mudah kecamatan mana yang memiliki emisi paling besar dan paling kecil. Pemetaan emisi CO<sub>2</sub> atau tapak karbon dari sektor transportasi dapat dilihat pada Gambar 4.1.





**Gambar 4.1** Pemetaan Emisi Karbon Sektor Transportasi di Kabupaten Sumenep

#### **4.1.2 Sektor Industri**

Untuk sektor industri data yang dibutuhkan untuk estimasi tapak karbon dan menghitung nilai Faktor Emisi Spesifik (FES) diantaranya adalah data jumlah industri yang menggunakan bahan bakar di Kabupaten Sumenep. Data jumlah industri ini diperoleh dari Dinas Perindustrian dan Perdagangan Kabupaten Sumenep. Data selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Setelah dilakukan survey, ternyata hanya industri makanan, industri logam dasar dan industri barang galian bukan logam yang menggunakan bahan bakar (menghasilkan emisi primer) dalam proses produksi, sisanya menggunakan listrik dalam proses produksi (menghasilkan emisi sekunder). Bahan bakar yang digunakan dalam proses produksi untuk industri makanan dalam pembuatan minyak kelapa dan gula siwalan adalah kayu bakar sedangkan yang lainnya menggunakan LPG. Sedangkan bahan bakar yang digunakan untuk industri barang galian bukan logam untuk pembuatan genteng menggunakan jerami, serabut kelapa, sekam dan daun kelapa. Untuk industri logam dasar dalam pembuatan keris dan pande besi menggunakan arang dalam proses produksinya. Jumlah penggunaan bahan bakar untuk tiap industri tersebut dapat dilihat pada Lampiran ATabel 1.

Industri-industri pada Lampiran A Tabel 1 merupakan industri-industri kecil dan rumah tangga yang tidak memiliki nama perusahaan. Untuk industri makanan jumlah industri minyak kelapa adalah sebanyak 6 industri, gula siwalan sebanyak 27 industri, keripik singkong 9 industri, kerupuk ikan 7 industri, petis 5 industri, rengginang 1 industri dan keripik gayam 1 industri. Untuk industri logam dasar jumlah industri pande besi adalah sebanyak 4 industri dan industri keris sebanyak 4 industri. Untuk industri barang galian bukan logam, jumlah industri genteng adalah sebanyak 5 industri.

##### **4.1.2.1 Perhitungan Tapak Karbon dari Sektor Industri**

Langkah awal untuk menghitung tapak karbon (emisi karbon) untuk industri adalah mengonversi penggunaan bahan bakar dalam satuan kg menjadi Gg, selanjutnya konsumsi bahan bakar (Gg) dikalikan dengan Faktor Emisi tiap jenis bahan bakar (kg/TJ) dan dikalikan lagi dengan nilai kalor (NCV) tiap jenis

bahan bakar (TJ/Gg). Dari emisi yang didapat, ditotalkan semua per jenis industri, sehingga diperoleh total tapak karbon (emisi karbon).

$$\begin{aligned} \text{Emisi Karbon (ton CO}_2\text{/tahun)} &= \text{Massa bahan bakar (Gg)} \times \text{Faktor} \\ &\quad \text{Emisi (Kg/TJ)} \times \text{NCV (TJ/Gg)} \end{aligned}$$

Adapun data nilai faktor emisi dan NCV dari tiap bahan bakar adalah sebagai berikut.

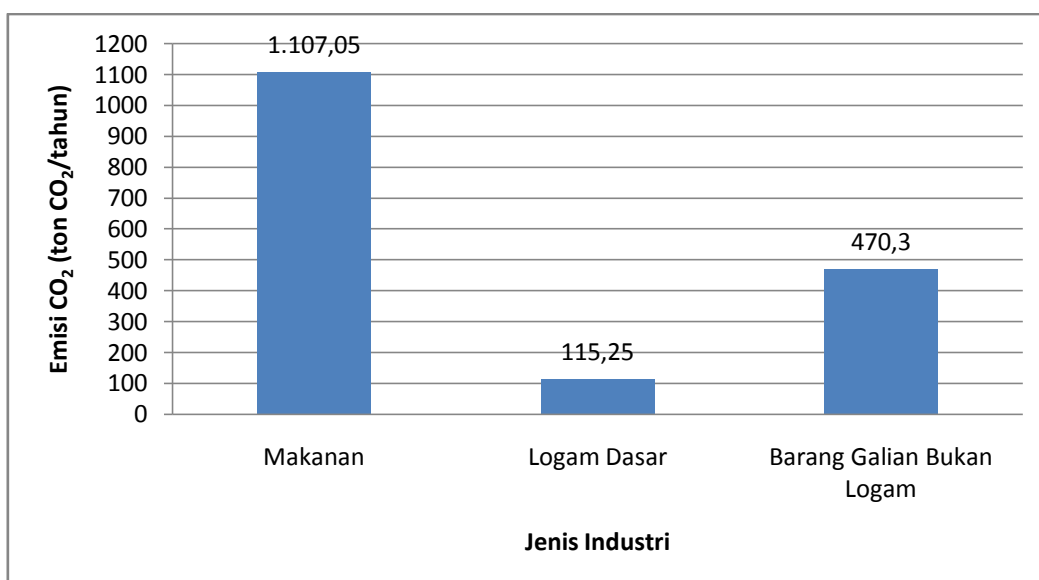
✓ Contoh Perhitungan Emisi Minyak Kelapa Industri I

$$\begin{aligned} \text{Emisi Karbon (ton CO}_2\text{/tahun)} &= \text{Massa bahan bakar (Gg)} \times \text{Faktor Emisi} \\ &\quad (\text{kg/TJ}) \times \text{NCV (TJ/Gg)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Emisi Karbon (ton CO}_2\text{/tahun)} &= 0.0210816 \text{ Gg} \times 112000 \text{ Kg/TJ} \times 15 \text{ TJ/Gg} \\ &= 35417,09 \text{ kg CO}_2 \\ &= 35,42 \text{ ton CO}_2 \end{aligned}$$

Perhitungan diatas berlaku juga untuk bahan bakar LPG dan arang. Hasil dari perhitungan untuk bahan bakar lainnya dapat dilihat pada Lampiran A Tabel 2.

Dari perhitungan pada Lampiran A Tabel 2 yang diperoleh, dapat dibuat grafik dari hasil emisi karbon (tapak karbon) berdasarkan jenis industri pada Gambar 4.2 berikut ini.



**Gambar 4.2** Emisi Karbon Berdasarkan Jenis Industri di Kabupaten Sumenep

Untuk industri makanan sebesar 1107,05 ton CO<sub>2</sub>/tahun, industri logam sebesar 115,25 ton CO<sub>2</sub>/tahun dan industri barang galian bukan logam sebesar 470,30 ton CO<sub>2</sub>/tahun. Sehingga total emisi yang dihasilkan dari sektor industri di Kabupaten Sumenep adalah sebesar 1692,60 ton CO<sub>2</sub>/tahun.

Perhitungan tapak karbon/emisi karbon di suatu wilayah juga pernah dilakukan oleh Total emisi yang dihasilkan dari sektor industri di Kabupaten Sumenep jauh lebih kecil bila dibandingkan dengan Surabaya. Berdasarkan penelitian Setiawan (2011) mengenai perhitungan emisi karbon sektor industri di Kota Surabaya, Berdasarkan pemetaan Carbon Footprint, potensi emisi CO<sub>2</sub> paling besar berada pada kawasan Rungkut sebesar 8169,05 ton CO<sub>2</sub>/bulan dan yang paling kecil pada kawasan Margomulyo sebesar 1541,14 ton CO<sub>2</sub>/bulan. Bila ditotal, jumlah emisi yang dihasilkan oleh kedua kawasan industri tersebut dalam setahun adalah sebesar 116.522,28 ton CO<sub>2</sub>/tahun. Nilai emisi tersebut belum keseluruhan industri di Surabaya. Rendahnya emisi yang dihasilkan pada sektor industri di Kabupaten Sumenep dikarenakan Kabupaten Sumenep merupakan kabupaten yang fungsi pengembangannya adalah pertanian/hortikultura, sehingga industri yang dimiliki juga kecil dan sedikit. Berdasarkan informasi dilapangan, beberapa industri di Kabupaten Sumenep hanya mengumpulkan bahan mentah untuk selanjutnya dikirim ke Surabaya guna dilakukan pengolahan selanjutnya.

#### **4.1.2.2 Perhitungan Faktor Emisi Spesifik dari Sektor Industri**

Nilai dari Faktor Emisi Spesifik (FES) diperoleh dengan cara membagi total emisi karbon tiap industri dengan kapasitas produksi industri. Untuk industri makanan, nama industri yang memiliki data mengenai kapasitas produksi adalah industri gula siwalan, untuk industri logam, nama industri yang memiliki data mengenai kapasitas produksi adalah industri keris sedangkan untuk industri bahan bangunan adalah industri genteng. Untuk lebih jelas mengenai FES dari beberapa jenis industri dapat dilihat pada perhitungan berikut ini.

$$\begin{aligned} \text{FES Industri Makanan} &= \text{Total Emisi Karbon (ton CO}_2\text{/tahun)} : \text{Kapasitas} \\ &\quad \text{produksi industri makanan} \\ &= 1107,05 \text{ ton CO}_2\text{/tahun} : 4825,33 \text{ ton} \end{aligned}$$

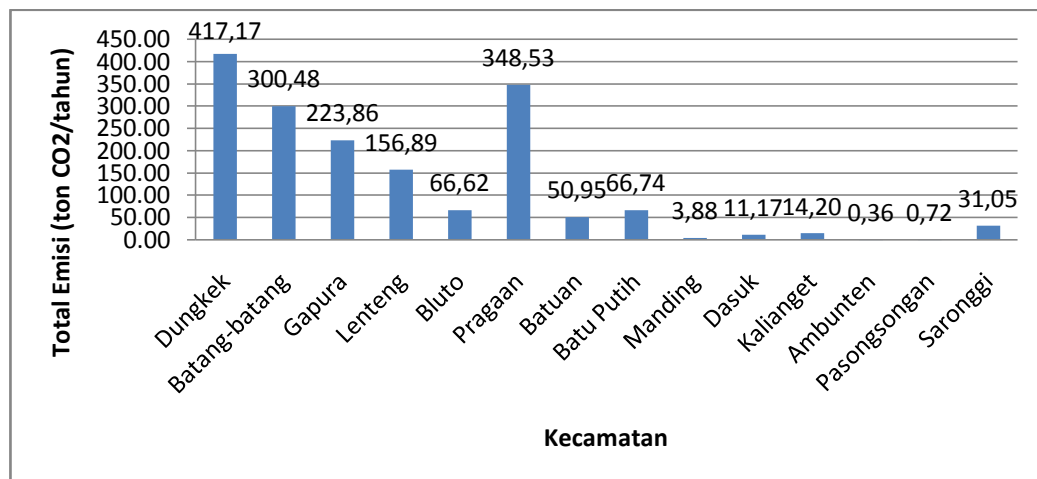
$$\begin{aligned}
&= 0,229 \text{ ton CO}_2/\text{tahun.ton produksi} \\
\text{FES Industri Logam Dasar (Keris)} &= \text{Total Emisi Karbon (ton CO}_2/\text{tahun)} : \\
&\quad \text{Kapasitas produksi keris} \\
&= 56,28 \text{ ton CO}_2/\text{tahun} : 1440 \text{ unit} \\
&= 0,039 \text{ ton CO}_2/\text{tahun.unit}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&\text{FES Industri Barang Galian Bukan Logam (Genteng)} \\
&= \text{Total Emisi Karbon (ton CO}_2/\text{tahun)} : \text{Jumlah industri genteng} \\
&= 470,3 \text{ ton CO}_2/\text{tahun} : 182.500 \text{ unit} \\
&= 0,00258 \text{ ton CO}_2/\text{tahun.unit}
\end{aligned}$$

FES beberapa industri di Kabupaten Sumenep lebih tinggi bila dibandingkan dengan FES beberapa industri di Kota Malang. Berdasarkan penelitian Dinora (2014) FES industri makanan, industri logam dasar dan industri barang galian bukan logam di Kota Malang masing-masing adalah sebesar 0,16 ton CO<sub>2</sub>/tahun.ton produksi, 0,00013 ton CO<sub>2</sub>/tahun.unit, 0,0002 ton CO<sub>2</sub>/tahun.unit. Hal ini dikarenakan di Kota Malang jumlah industri pada masing-masing jenis industri tersebut lebih banyak dibandingkan Kabupaten Sumenep, sehingga kapasitas produksi yang dihasilkan juga lebih besar. Oleh karena itu nilai FES tiap industri yang dihasilkan juga lebih kecil dibandingkan dengan FES tiap industri di Kabupaten Sumenep.

#### **4.1.2.3 Pemetaan Tapak Karbon dari Sektor Industri**

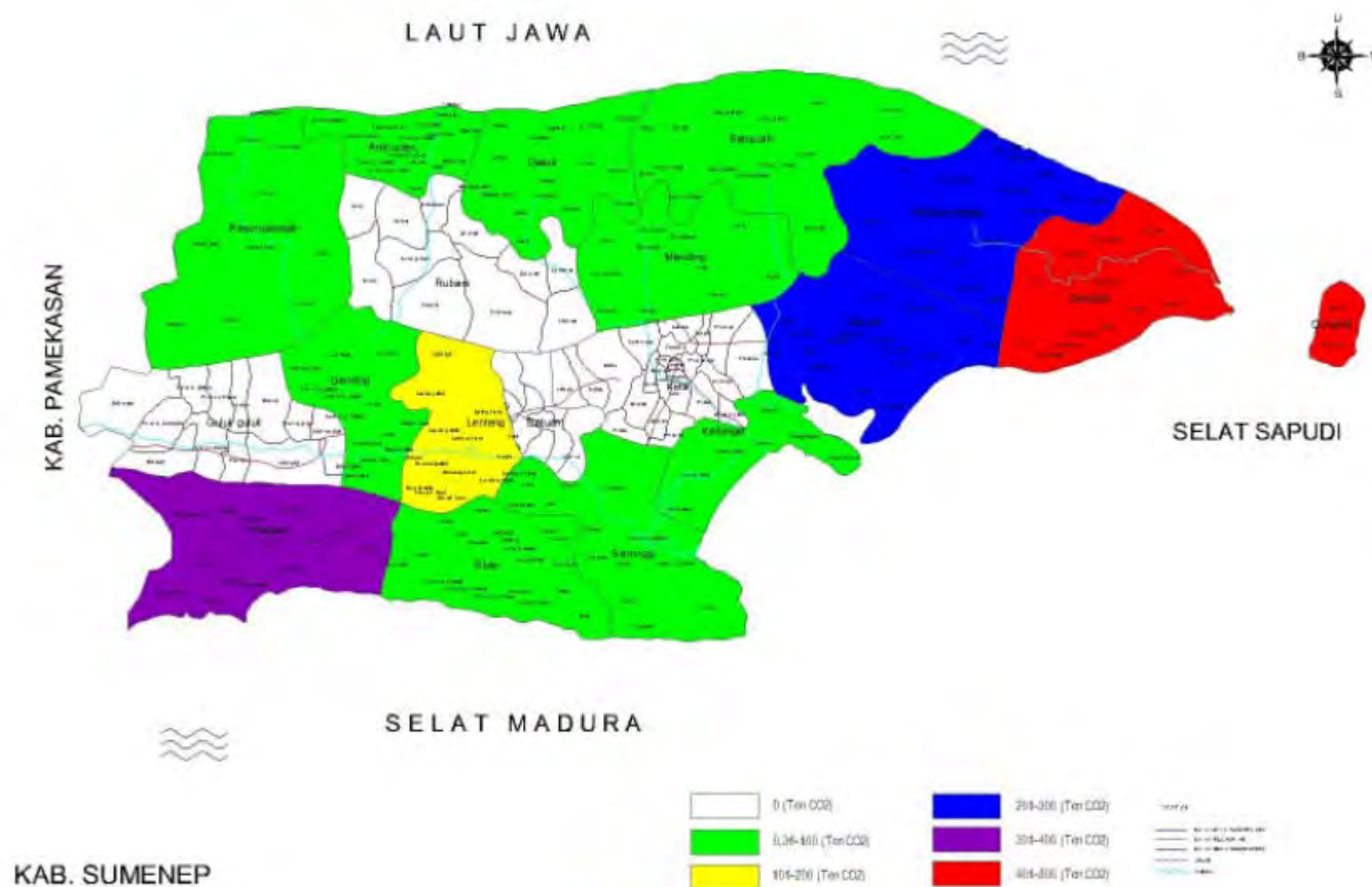
Untuk melihat bagaimana tingkat konsentrasi CO<sub>2</sub> di Kabupaten Sumenep dari sektor industri, maka dibuatlah suatu pemetaan tapak karbon atau emisi CO<sub>2</sub> untuk tiap kecamatan. Setelah menghitung tapak karbon atau emisi CO<sub>2</sub> tiap kecamatan, lalu tapak karbon tersebut digambar atau dipetakan melalui program AutoCAD. Adapun hasil perhitungan tapak karbon dari sektor industri untuk tiap kecamatan di Kabupaten Sumenep dapat dilihat pada Lampiran A Tabel 3. Adapun grafik dari emisi karbon dari sektor industri tiap kecamatan di Kabupaten Sumenep dapat dilihat pada Gambar 4.3.



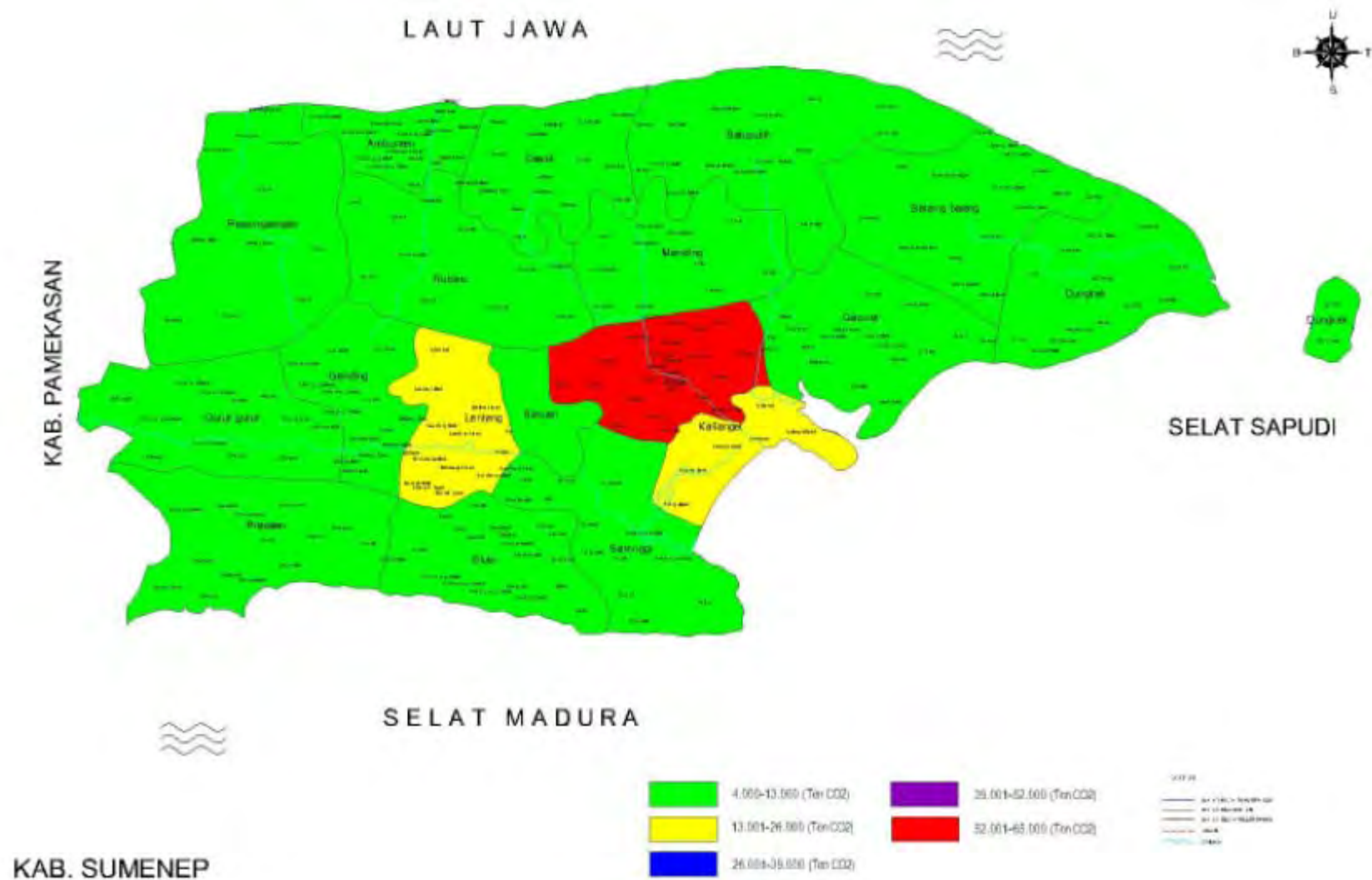
**Gambar 4.3** Emisi CO<sub>2</sub>/Tahun Sektor Industri Tiap Kecamatan di Kabupaten Sumenep

Adapun kecamatan yang memiliki emisi CO<sub>2</sub> paling besar pada sekor industri adalah Kecamatan Dungkek karena pada kecamatan ini terdapat industri minyak kelapa, gula siwalan dan genteng yang menggunakan bahan bakar bisomassa dalam proses produksinya, seperti kayu bakar, sekam, jerami dan lain-lain. Sedangkan kecamatan yang menghasilkan emisi paling kecil pada sekor industri adalah Kecamatan Ambunten karena kecamatan ini hanya memiliki 1 industri petis dan bahan bakar yang digunakan adalah LPG. Total Kecamatan di Kabupaten Sumenep daratan adalah sebanyak 18 kecamatan, namun hanya 14 Kecamatan yang terhitung emisi CO<sub>2</sub> dari sektor industri. Hal ini karena berdasarkan data Disperindag Kabupaten Sumenep, industri-industri yang memiliki bahan bakar primer (menghasilkan emisi CO<sub>2</sub> primer) hanya tersebar di 14 kecamatan tersebut. Oleh karena itu hanya 14 kecamatan ini lah yang dapat di gambarkan mengenai tingkat konsentrasi emisi CO<sub>2</sub> nya. Adapun pemetaan dari perhitungan emisi tiap kecamatan dapat dilihat pada Gambar 4.4.

Setelah diketahui emisi karbon tiap kecamatan pada sektor transportasi dan industri. Maka pemetaan emisi karbon untuk kedua sektor dapat digambarkan. Pemetaan emisi karbon untuk kedua sektor dapat dilihat pada Gambar 4.5. Hasil pemetaan emisi karbon untuk sektor transportasi dan industri sama dengan pemetaan karbon untuk sektor transportasi, hal ini dikarenakan emisi karbon yang dihasilkan sektor industri kecil dan tidak mempengaruhi rentang nilai pada pemetaan emisi karbon sektor transportasi.



**Gambar 4.4** Pemetaan Emisi Karbon Sektor Industri di Kabupaten Sumenep



**Gambar 4.5** Pemetaan Emisi Karbon Sektor Transportasi dan Industri di Kabupaten Sumenep



## 4.2 Aspek Lingkungan

Aspek lingkungan akan membahas mengenai hasil emisi karbon atau tapak karbon berdasarkan skenario yang telah ditentukan terhadap kedua sektor. Pembuatan skenario berfungsi sebagai upaya atau langkah alternatif dalam rangka mengurangi emisi karbon di Kabupaten Sumenep berdasarkan emisi karbon eksisting yang dihasilkan. Dari alternatif skenario-skenario yang ditentukan, dapat diketahui penurunan emisi sebagai bahan pertimbangan pemilihan alternatif. Adapun target penurunan dari emisi ini adalah 26% pada tahun 2020, hal ini berdasarkan pada Peraturan Presiden Nomor 71 Tahun 2011 mengenai Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional. Adapun skenario-skenario yang digunakan adalah sebagai berikut.

### ✓ Sektor Transportasi

- Skenario 1 : Berapa emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan apabila seluruh Masyarakat di Kabupaten Sumenep menggunakan BBG (Bahan Bakar Gas) sebagai bahan bakar kendaraan menggantikan BBM. Menimbang pemerintah sedang dalam proses mengganti BBM menjadi BBG karena persediaan BBM yang semakin menipis.
- Skenario 2 : Berapa emis CO<sub>2</sub> yang dihasilkan apabila hanya kendaraan berbahan bakar gasolin saja yang menggunakan BBG (Bahan Bakar Gas) sebagai bahan bakar kendaraan menggantikan BBM.
- Skenario 3 : Berapa emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan apabila hanya kendaraan berbahan bakar solar saja yang menggunakan BBG (Bahan Bakar Gas) sebagai bahan bakar kendaraan menggantikan BBM.

### ✓ Sektor Industri

- Skenario 1 : Berapa emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan apabila seluruh Industri makanan menggunakan LPG sebagai bahan bakar. Alasan hanya industri makanan karena industri logam dan

bahan bangunan tidak dapat mengganti bahan bakar untuk proses produksinya menjadi LPG.

Skenario 2 : Berapa emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan apabila setengah industri makanan yang menggunakan kayu bakar sebagai bahan bakar dalam proses industri mengganti LPG sebagai bahan bakar.

#### 4.2.1 Skenario Sektor Transportasi

Perhitungan-perhitungan untuk skenario-skenario di sektor transportasi adalah sebagai berikut:

##### ✓ Skenario 1

Pada skenario ini seluruh kendaraan di Kabupaten Sumenep baik yang berbahan bakar gasolin dan solar diganti menjadi bahan bakar gas (BBG) jenis CNG (Compressed Natural Gas). Adapun pemilihan CNG sebagai bahan bakar gas karena CNG sudah diterapkan dan tersedia di SPBG (Stasiun Pengisian Bahan Bakar Gas) di beberapa kota di Indonesia. Selain itu harga CNG lebih murah dan aman dibanding LPG. Adapun perhitungan dari konversi bahan bakar BBM menjadi BBG ini adalah sebagai berikut:

1 kg CNG = 1,5 L Gasolin

1 kg CNG = 1,3 L Solar

Sehingga:

Konsumsi CNG (kg) pada Gasolin	= Konsumsi Gasolin (L) : 1,5 L
	Gasolin
	= 55.740.000 L : 1,5 L
	= 37.160.000 kg
	= 37,16 Gg

Konsumsi CNG (kg) pada Solar	= Konsumsi Solar (L) : 1,3 L Solar
	= 29.850.000 L : 1,3 L
	= 22.961.538 kg
	= 22,96 Gg

$$\begin{aligned}
\text{Total Konsumsi CNG (kg)} &= \text{Konsumsi CNG (kg) pada Gasolin} + \\
&\quad \text{Konsumsi CNG (kg) pada Solar} \\
&= 37,16 \text{ Gg} + 22,96 \text{ Gg} \\
&= 60,12 \text{ Gg}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Emisi CO}_2 \text{ Bahan Bakar CNG} &= \text{Konsumsi CNG} \times \text{NCV} \times \text{Faktor Emisi} \\
&= 60,12 \text{ Gg} \times 48,15 \text{ TJ/Gg} \times 56100 \text{ kg/TJ} \\
&= 162.397.046 \text{ kg CO}_2/\text{tahun} \\
&= 162.397,046 \text{ ton CO}_2/\text{tahun}
\end{aligned}$$

Bila dibandingkan dengan dengan emisi eksisting maka penurunan emisi pada skenario 1 ini adalah sebesar 21,6%.

#### ✓ Skenario 2

Pada skenario ini diasumsikan kendaraan dengan bahan bakar gasolin (sepeda motor dan mobil penumpang gasolin) diganti menggunakan bahan bakar gas, sedangkan untuk kendaraan berbahan bakar solar tetap menggunakan bahan bakar solar. Emisi CO<sub>2</sub> total yang dihasilkan adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
\text{Emisi CO}_2 \text{ Bahan Bakar CNG} &= \text{Konsumsi CNG pada gasolin} \times \text{NCV} \times \\
&\quad \text{Faktor Emisi} \\
&= 37,16 \text{ Gg} \times 48,15 \text{ TJ/Gg} \times 56100 \text{ kg/TJ} \\
&= 100.377.149 \text{ kg CO}_2/\text{tahun} \\
&= 100.377,149 \text{ ton CO}_2/\text{tahun}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Emisi CO}_2 \text{ Total} &= \text{Emisi CO}_2 \text{ Bahan Bakar CNG} + \text{Emisi CO}_2 \text{ Solar} \\
&= 100.377,149 \text{ ton CO}_2/\text{tahun} + 79.627,86 \text{ ton CO}_2/\text{tahun} \\
&= 180.005 \text{ ton CO}_2/\text{tahun}
\end{aligned}$$

Bila dibandingkan dengan dengan emisi eksisting maka penurunan emisi pada skenario 2 ini adalah sebesar 13,1%.

#### ✓ Skenario 3

Pada skenario ini diasumsikan kendaraan yang menggunakan bahan bakar solar (mobil penumpang solar, mobil bus, mobil barang dan alat berat)

mengganti bahan bakar dari solar menjadi BBG. Tetapi kendaraan yang menggunakan bahan bakar gasolin, tetap menggunakan gasolin sebagai bahan bakar. Adapun emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Emisi CO}_2 \text{ Bahan Bakar CNG} &= \text{Konsumsi CNG pada solar} \times \text{NCV} \times \\
 &\quad \text{Faktor Emisi} \\
 &= 22,96 \text{ Gg} \times 48,15 \text{ TJ/Gg} \times 56100 \text{ kg/TJ} \\
 &= 62.019.896 \text{ kg CO}_2/\text{tahun} \\
 &= 62.019,90 \text{ ton CO}_2/\text{tahun}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Emisi CO}_2 \text{ Total} &= \text{Emisi CO}_2 \text{ Bahan Bakar CNG} + \text{Emisi CO}_2 \text{ Gasolin} \\
 &= 62.019,90 \text{ ton CO}_2/\text{tahun} + 127.471,81 \text{ ton CO}_2/\text{tahun} \\
 &= 189.491,71 \text{ ton CO}_2/\text{tahun}
 \end{aligned}$$

Bila dibandingkan dengan dengan emisi eksisting maka penurunan emisi pada skenario 3 ini adalah sebesar 8,5%.

Berdasarkan ketiga skenario yang telah dihitung, skenario 1 merupakan skenario yang paling baik karena menghasilkan emisi CO<sub>2</sub> paling kecil dibandingkan skenario 2 dan 3. Oleh karena itu skenario 1 direkomendasikan untuk dapat diterapkan di Kabupaten Sumenep. Selain karena penerapan CNG ini lebih kecil menghasilkan emisi CO<sub>2</sub>, penggunaan CNG juga lebih murah dan hemat dibandingkan bahan bakar fosil.

Pemilihan BBG sebagai skenario di Kabupaten Sumenep dianggap paling sesuai karena di Kabupaten Sumenep penggunaan angkutan umum tidak diminati masyarakat termasuk di kecamatan kota. Kecilnya kepadatan lalu lintas juga menjadi alasan masyarakat lebih memilih menggunakan kendaraan pribadi. Untuk dapat menerapkan penggunaan BBG jenis CNG ini adalah pembuatan perda mengenai Penyediaan, Pendistribusian dan Penetapan Harga Bahan Bakar Gas Untuk Transportasi Jalan untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada aspek hukum. Pembuatan perda ini mengacu pada Peraturan Presiden Republik Indonesia No. 64 Tahun 2012.

Berdasarkan peraturan tersebut pelaksanaan penyediaan dan pendistribusian BBG berupa CNG dilaksanakan oleh Badan Usaha yang memiliki Izin Usaha Niaga Bahan Bakar Gas dari Menteri. Dimana tugas dari Badan Usaha tersebut adalah melaksanakan penyediaan dan pendistribusian serta menjamin ketersediaan CNG pada SPBG. Selain itu pemerintah melalui Badan Usaha memberikan bantuan konverter kit dan pemasangannya secara gratis sebanyak 1 kali kepada kendaraan bermotor.

#### 4.2.2 Skenario Sektor Industri

Perhitungan-perhitungan untuk skenario-skenario di sektor industri adalah sebagai berikut:

##### ✓ Skenario 1

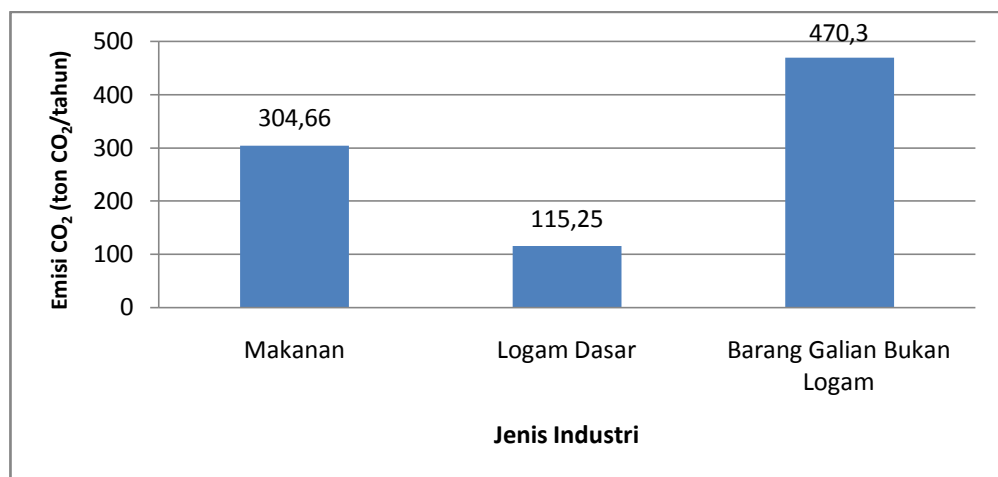
Pada skenario ini seluruh industri makanan yang menggunakan kayu bakar untuk bahan bakar proses produksi diganti menggunakan LPG. Adapun nilai konversi penggunaan kayu bakar menjadi LPG adalah 1 kg LPG setara 6,85 kg kayu bakar. Sehingga massa konsumsi kayu bakar dibagi dengan 6,85 kg, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada perhitungan berikut ini:

$$\begin{aligned}\text{Massa LPG} &= \text{Massa kayu bakar minyak kelapa sampel 1: 6,85 kg} \\ &= 21081 \text{ kg} : 6,85 \text{ kg} \\ &= 3077,61 \text{ kg} \\ &= 0,00308 \text{ Gg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Emisi CO}_2/\text{tahun} &= \text{Massa LPG} \times \text{NCV LPG} \times \text{Faktor Emisi LPG} \\ &= 0,00308 \text{ Gg} \times 47,3 \text{ TJ/Gg} \times 63100 \text{ kg/TJ} \\ &= 9185,51 \text{ kg CO}_2/\text{tahun} \\ &= 9,19 \text{ ton CO}_2/\text{tahun}\end{aligned}$$

Perhitungan massa kayu bakar minyak kelapa sampel 1 tersebut sama dengan perhitungan massa kayu bakar lainnya, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Lampiran A Tabel 4. Diperoleh emisi CO<sub>2</sub>/tahun skenario 1 untuk industri

makanan adalah 304,66 ton CO<sub>2</sub>/tahun, sebelumnya tanpa skenario emisi untuk industri makanan adalah 1107,05 ton CO<sub>2</sub>/tahun. Untuk emisi dari industri logam dan bahan bangunan tetap karena kedua bahan bakar industri tersebut tidak dapat diganti dengan bahan bakar LPG. Sehingga total emisi CO<sub>2</sub>/tahun apabila masyarakat pelaku industri makanan mengganti bahan bakar industri dari kayu bakar menjadi LPG (skenario 1) adalah sebesar 890,20 ton CO<sub>2</sub>/tahun. Bila dibandingkan dengan dengan emisi eksisting maka penurunan emisi pada scenario 1 ini adalah sebesar 47,4%. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 4.6.

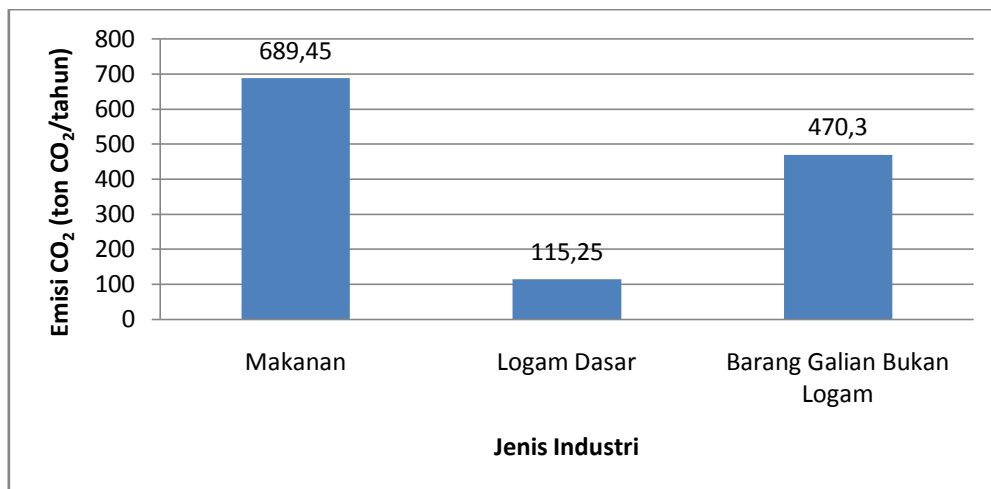


**Gambar 4.6** Emisi Karbon (ton CO<sub>2</sub>/tahun) Sektor Industri Skenario 1

#### ✓ Skenario 2

Pada skenario ini setengah industri makanan yang menggunakan kayu bakar untuk bahan bakar proses produksi diganti menggunakan LPG. Jumlah industri makanan yang menggunakan kayu bakar sebagai bahan bakar ada 33 industri yaitu terdiri dari 6 industri minyak kelapa dan 27 industri gula siwalan. Pada skenario ini penggunaan kayu bakar pada 3 industri minyak kelapa dan 14 industri gula siwalan diganti menggunakan LPG, selanjutnya emisi CO<sub>2</sub> untuk keseluruhan industri di Kabupaten Sumenep dihitung agar diketahui emisi CO<sub>2</sub> untuk skenario 2 ini. Perhitungan pada skenario 2 sama dengan perhitungan pada skenario 1. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Lampiran Tabel 5. Berdasarkan perhitungan pada Lampiran A Tabel 5

diperoleh emisi CO<sub>2</sub>/tahun skenario 2 untuk industri makanan adalah 784,20 ton CO<sub>2</sub>/tahun, sebelumnya tanpa skenario emisi untuk industri makanan adalah 1262.17 ton CO<sub>2</sub>/tahun. Untuk emisi dari industri logam dan bahan bangunan tetap karena kedua bahan bakar industri tersebut tidak dapat diganti dengan bahan bakar LPG. Sehingga total emisi CO<sub>2</sub>/tahun apabila 3 industri minyak kelapa dan 14 industri pada industri makanan mengganti bahan bakar industri dari kayu bakar menjadi LPG (skenario 2) adalah sebesar 1369,75 ton CO<sub>2</sub>/tahun. Bila dibandingkan dengan dengan emisi eksisting maka penurunan emisi pada scenario 2 ini adalah sebesar 24,7%. Grafik perhitungan pada Lampiran A Tabel 4 dapat dibuat grafik dalam Gambar 4.7.



**Gambar 4.7** Emisi Karbon (Ton CO<sub>2</sub>/tahun) Sektor Industri Skenario 2

### 4.3 Aspek Hukum

Demi tercapainya skenario-skenario yang telah ditentukan dan dihitung, maka perlu adanya peraturan-peraturan yang bersumber dari pemerintah untuk mengikat dan mendukung. Diharapkan kebijakan-kebijakan yang telah dibuat dapat membawa Kabupaten Sumenep menjadi lebih baik terutama mengenai pencemaran udara. Peraturan/hukum yang telah dibuat harus dilaksanakan sebagaimana mestinya, apabila terjadi pelanggaran maka harus ada hukuman terhadap pelanggaran tersebut agar apa yang diharapkan dapat tercapai.

#### **4.3.1 Aspek Hukum Sektor Transportasi**

Berdasarkan hasil perhitungan tiap skenario pada aspek lingkungan di sektor transportasi diperoleh skenario 1 merupakan skenario terbaik, yaitu seluruh bahan bakar minyak (BBM) diganti menjadi BBG. Selain karena persediaan minyak bumi yang semakin sedikit, penggunaan gas sebagai bahan bakar juga lebih murah dan hemat. Untuk mendukung skenario tersebut, dibutuhkan peraturan yang dapat mengikat setiap elemen untuk dapat menjalankan kebijakan tersebut. Pada saat ini pemerintah Kabupaten Sumenep belum memiliki peraturan daerah terkait penggunaan BBG (Bahan Bakar Gas) sebagai pengganti BBM untuk bahan bakar pada kendaraan bermotor beserta sanksi atas pelanggaran terhadap peraturan tersebut.

Saat ini peraturan yang mengatur mengenai penyediaan dan pendistribusian BBG masih dikeluarkan oleh presiden melalui Peraturan Presiden Republik Indonesia No. 64 Tahun 2012 Tentang Penyediaan, Pendistribusian dan Penetapan Harga Bahan Bakar Gas Untuk Transportasi Jalan. Peraturan terbaru dikeluarkan oleh Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral melalui Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia No. 08 Tahun 2014 Tentang Pelaksanaan Penyediaan dan Pendistribusian Bahan Bakar Gas Untuk Transportasi Jalan. Namun peraturan menteri ESDM lebih menitik beratkan kepada badan usaha yang melakukan pelaksanaan penyediaan dan pendistribusian bahan bakar gas. Sehingga peraturan yang lebih tepat dijadikan sebagai acuan untuk pembuatan peraturan daerah adalah Peraturan Presiden Republik Indonesia No. 64 Tahun 2012. Pasal yang harus diganti untuk pembuatan perda adalah pasal 9 yang berbunyi:

1. Dalam rangka mendorong penggunaan Bahan Bakar Gas berupa CNG, pemerintah memberikan bantuan Konverter Kit dan pemasangannya secara gratis kepada kendaraan bermotor angkutan umum
2. Pemberian bantuan Konverter Kit sebagaimana dimaksud pada ayat (1) hanya 1 (satu) kali.

Pada peraturan Peraturan Presiden Republik Indonesia No. 64 Tahun 2012 belum ada kewajiban mengenai penggunaan BBG sebagai bahan bakar untuk kendaraan menggantikan BBM serta sanksi atas pelanggaran. Selain itu pada pasal



tersebut penggunaan dan pemberian konverter kit hanya pada angkutan umum. Oleh karena itu pada perda yang akan disusun untuk Kabupaten Sumenep nanti kewajiban penggunaan BBG dan pembagian serta pemasangan konverter kit secara gratis tidak hanya sebatas untuk angkutan umum, namun juga semua kendaraan. Sanksi untuk pelanggaran juga harus diterapkan seperti denda.

Oleh karena itu demi terwujudnya kabupaten yang dapat mengurangi emisi CO<sub>2</sub> disektor transportasi pada aspek peraturan/hukum ini diharapkan:

1. Pemerintah Kabupaten Sumenep memiliki peraturan daerah mengenai pelaksanaan, penyediaan dan pendistribusian bahan bakar gas serta kewajiban untuk beralih ke bahan bakar gas sebagai bahan bakar kendaraan. Beserta sanksi tegas atas pelanggaran yang dilakukan. Isi materi peraturan daerah harus tegas dan dapat diterapkan untuk jangka waktu yang panjang, minimal sampai ditemukan bahan bakar alternatif yang lebih murah, hemat dan ramah lingkungan.
2. Penetapan peraturan daerah ini harus disertai dengan sosialisasi dan pantauan di lapangan.
3. Untuk menguji tingkat kelayakan, peraturan daerah tersebut perlu dievaluasi setiap 5 tahun sekali.

#### **4.3.2 Aspek Hukum Sektor Industri**

Dari ketiga skenario yang telah dihitung pada aspek lingkungan untuk sektor industri diperoleh emisi terkecil adalah pada skenario 1, dimana semua industri makanan yang menggunakan kayu bakar untuk proses produksinya diganti menggunakan LPG. Hal ini karena pembakaran menggunakan kayu bakar menghasilkan emisi yang sangat besar karena faktor emisi kayu bakar lebih besar dari LPG serta nilai kalornya yang lebih kecil dari LPG. Sama halnya dengan implementasi BBG, pada skenario ini dibutuhkan suatu peraturan yang mengikat tiap elemen, salah satunya masyarakat pelaku industri makanan yang masih menggunakan kayu bakar untuk proses produksi. Pemerintah Kabupaten Sumenep saat ini belum memiliki peraturan daerah mengenai pengelolaan LPG di sektor industri.

Saat ini peraturan yang berlaku mengenai penggunaan LPG adalah Peraturan Presiden Republik Indonesia No. 104 Tahun 2007 Tentang Penyediaan, Pendistribusian dan Penetapan harga *Liquefied Petroleum Gas* Tabung 3 Kilogram. Adapun pasal-pasal yang dapat harus diganti untuk menyusun Perda Kabupaten Sumenep kedepan antara lain:

- Pasal 2

Pengaturan penyediaan, pendistribusian dan penetapan harga LPG Tabung 3 kg dalam Peraturan Presiden ini meliputi perencanaan volume penjualan tahunan dari Badan Usaha, harga patokan dan harga jual eceran serta ketentuan ekspor dan impor LPG Tabung 3 kg dalam rangka mengurangi subsidi Bahan Bakar Minyak khususnya untuk mengalihkan penggunaan minyak tanah bersubsidi sesuai kebijakan pemerintah.

Pada Peraturan Presiden Republik Indonesia No. 64 Tahun 2012 belum ada kewajiban mengenai penggunaan LPG sebagai bahan bakar untuk rumah tangga dan usaha mikro serta sanksi atas pelanggaran yang dilakukan. Selain itu pada peraturan tersebut pengaturan penyediaan, pendistribusian dan penetapan harga LPG dalam rangka mengalihkan minyak tanah. Untuk perda Kabupaten Sumenep yang akan disusun nanti agar mewajibkan bagi rumah tangga dan usaha mikro untuk menggunakan LPG dan meninggalkan menggunakan kayu bakar untuk rumah tangga dan usaha mikro karena dalam rangka mengalihkan serta melarang penggunaan kayu bakar. Di Kabupaten Sumenep penggunaan kayu bakar masih sangat banyak baik itu disektor rumah tangga maupun usaha mikro. Pelarangan penggunaan kayu bakar karena emisi yang dihasilkan sangat besar dibandingkan penggunaan LPG. Selanjutnya untuk memancing minat masyarakat rumah tangga dan usaha mikro untuk menggunakan LPG, pemerintah Kabupaten Sumenep dapat mengawali dengan cara memberikan LPG 3 kg, kompor gas beserta peralatan lainnya sebanyak 1 kali secara gratis. Hal ini sesuai dengan Peraturan Presiden Republik Indonesia No. 64 Tahun 2012 pasal 4.

Demi terwujudnya kabupaten yang dapat mengurangi emisi CO<sub>2</sub> disektor industri pada aspek peraturan/hukum ini diharapkan:

1. Pemerintah Kabupaten Sumenep memiliki peraturan daerah mengenai Penyediaan, Pendistribusian dan Penetapan harga *Liquefied Petroleum Gas*

Tabung 3 Kilogram serta kewajiban untuk beralih dari penggunaan kayu bakar menjadi LPG sebagai bahan bakar usaha mikro. Beserta sanksi tegas atas pelanggaran yang dilakukan. Isi materi peraturan daerah harus tegas dan dapat diterapkan untuk jangka waktu yang panjang, minimal sampai ditemukan bahan bakar alternatif yang lebih murah, hemat dan ramah lingkungan.

2. Penetapan peraturan daerah ini harus disertai dengan sosialisasi dan pantauan di lapangan. Sosialisasi yang dilakukan antara lain sosialisasi mengenai peraturan dan sanksi serta cara menggunakan LPG secara aman.
3. Untuk menguji tingkat kelayakan, peraturan daerah tersebut perlu dievaluasi setiap 5 tahun sekali.

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Terdapat beberapa kesimpulan yang diperoleh berdasarkan tujuan penelitian, yaitu:

1. Tapak Karbon dari sektor transportasi dan industri di Kabupaten Sumenep – Jawa Timur adalah:

- Sektor Transportasi

Tapak karbon adalah sebesar 207.083,66 ton CO<sub>2</sub>/tahun.

- Sektor Industri

Tapak karbon adalah sebesar 1692,60 ton CO<sub>2</sub>/tahun.

Faktor Emisi Spesifik dari sektor transportasi dan industri di Kabupaten Sumenep - Jawa Timur dengan fungsi pengembangan wilayah pertanian/hortikultura adalah:

- Sektor Transportasi

FES yang diperoleh adalah 4,34 ton CO<sub>2</sub>/SMP bahan bakar gasolin, 14,39 ton CO<sub>2</sub>/ SMP bahan bakar solar dan 5,94 ton CO<sub>2</sub>/ SMP.

- Sektor Industri

FES yang diperoleh adalah 0,229 ton CO<sub>2</sub>/tahun.ton produksi untuk industri makanan, 0,039 t on CO<sub>2</sub>/tahun.unit untuk industri logam dasar (keris) dan 0,00258 ton CO<sub>2</sub>/tahun.unit untuk industri barang galian bukan logam (genteng).

2. Pemetaan tapak karbon dari sektor transportasi dan industri di Kabupaten Sumenep - Jawa Timur dengan fungsi pengembangan wilayah pertanian/hortikultura adalah:

- Sektor Transportasi

Berdasarkan pemetaan dari delapan belas kecamatan, kecamatan yang memiliki emisi CO<sub>2</sub>\ paling besar adalah Kecamatan Sumenep dengan nilai emisi sebesar 52.001-65.000 ton CO<sub>2</sub>,

- Sektor Industri

Berdasarkan pemetaan dari keempat belas kecamatan, kecamatan yang memiliki emisi CO<sub>2</sub> paling besar adalah Kecamatan Dungkek dengan nilai emisi sebesar 401-500 ton CO<sub>2</sub>,

### 3. Aspek lingkungan

- Sektor Transportasi

Skenario 1 merupakan skenario terbaik karena memberikan penurunan emisi karbon sebesar 21,6% bila dibandingkan dengan emisi eksisting.

- Sektor Industri

Skenario 1 merupakan skenario terbaik karena memberikan penurunan emisi karbon sebesar 47,7% bila dibandingkan dengan emisi eksisting.

### Aspek Hukum

- Sektor Transportasi

- Pemerintah Kabupaten Sumenep memiliki peraturan daerah mengenai pelaksanaan, penyediaan dan pendistribusian bahan bakar gas serta kewajiban untuk beralih ke bahan bakar gas sebagai bahan bakar kendaraan. Beserta sanksi tegas atas pelanggaran yang dilakukan. Isi materi peraturan daerah harus tegas dan dapat diterapkan untuk jangka waktu yang panjang, minimal sampai ditemukan bahan bakar alternatif yang lebih murah, hemat dan ramah lingkungan.
- Penetapan peraturan daerah ini harus disertai dengan sosialisasi dan pantauan di lapangan.
- Untuk menguji tingkat kelayakan, peraturan daerah tersebut perlu dievaluasi setiap 5 tahun sekali.

- Sektor Industri

- Pemerintah Kabupaten Sumenep memiliki peraturan daerah mengenai Penyediaan, Pendistribusian dan Penetapan harga *Liquefied Petroleum Gas* Tabung 3 Kilogram serta kewajiban untuk beralih dari penggunaan kayu bakar menjadi LPG sebagai bahan bakar usaha mikro. Beserta sanksi tegas atas pelanggaran yang dilakukan. Isi materi peraturan daerah harus tegas dan dapat diterapkan untuk jangka

waktu yang panjang, minimal sampai ditemukan bahan bakar alternatif yang lebih murah, hemat dan ramah lingkungan.

- Penetapan peraturan daerah ini harus disertai dengan sosialisasi dan pantauan di lapangan. Sosialisasi yang dilakukan antara lain sosialisasi mengenai peraturan dan sanksi serta cara menggunakan LPG secara aman.
- Untuk menguji tingkat kelayakan, peraturan daerah tersebut perlu dievaluasi setiap 5 tahun sekali.

## **5.2 Saran**

1. Diperlukan penelitian lanjutan untuk menghitung tapak karbon/emisi karbon sekunder di Kabupaten Sumenep disektor industri.
2. Diperlukan penelitian lanjutan untuk menghitung tapak karbon/emisi karbon untuk seluruh sektor transportasi, baik darat, laut dan udara.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## LAMPIRAN A

**Tabel 1** Penggunaan Bahan Bakar Industri di Kab. Sumenep

No	Jenis Industri	Nama Industri	Jumlah Industri	Bahan Bakar	Massa (kg)
1	Makanan	Minyak Kelapa	1	Kayu Bakar	21081.6
			2	Kayu Bakar	16030.8
			3	Kayu Bakar	13285.8
			4	Kayu Bakar	24156
			5	Kayu Bakar	10454.4
			6	Kayu Bakar	13285.8
		Gula Siwalan	1	Kayu Bakar	39748.5
			2	Kayu Bakar	16030.8
			3	Kayu Bakar	16030.8
			4	Kayu Bakar	34257.6
			5	Kayu Bakar	20203.2
			6	Kayu Bakar	19874.25
			7	Kayu Bakar	19874.25
			8	Kayu Bakar	16030.8
			9	Kayu Bakar	16030.8
			10	Kayu Bakar	32061.6
			11	Kayu Bakar	24156
			12	Kayu Bakar	13285.8
			13	Kayu Bakar	10454.4
			14	Kayu Bakar	21081.6
			15	Kayu Bakar	39748.5
			16	Kayu Bakar	21081.6
			17	Kayu Bakar	24156
			18	Kayu Bakar	24156



**Tabel 1** Lanjutan

<b>No</b>	<b>Jenis Industri</b>	<b>Nama Industri</b>	<b>Jumlah Industri</b>	<b>Bahan Bakar</b>	<b>Massa (kg)</b>
			19	Kayu Bakar	7949.7
			20	Kayu Bakar	20203.2
			21	Kayu Bakar	24156
			22	Kayu Bakar	16030.8
			23	Kayu Bakar	10454.4
			24	Kayu Bakar	19874.25
			25	Kayu Bakar	10540.8
			26	Kayu Bakar	15811.2
			27	Kayu Bakar	13285.8
		Keripik	1	LPG	48.55
		Singkong	2	LPG	131.4
			3	LPG	317.1
			4	LPG	298.5
			5	LPG	522
			6	LPG	30.7
			7	LPG	122.8
			8	LPG	3120
			9	LPG	307.8
		Kerupuk	1	LPG	144
		Ikan	2	LPG	100
			3	LPG	216
			4	LPG	450
			5	LPG	300
			6	LPG	500
			7	LPG	108
		Petis	1	LPG	120
			2	LPG	240

**Tabel 1** Lanjutan

No	Jenis Industri	Nama Industri	Jumlah Industri	Bahan Bakar	Massa (kg)		
			3	LPG	108		
			4	LPG	168		
			5	LPG	192		
			Rengginang	1	LPG	120	
			Keripik	1	LPG	270	
			Gayam				
		2	Logam Dasar	Pande besi	1	Arang	5400
					2	Arang	4050
					3	Arang	2700
					4	Arang	5400
Keris	1				Arang	4500	
3	Barang Galian Bukan Logam	Genteng	2	Arang	4000		
			3	Arang	3750		
			4	Arang	4500		
			1	Daun Kelapa	76650		
				Serabut	5475		
				Kelapa			
				Jerami	5310.75		
			2	Daun Kelapa	109500		
				Serabut	1460		
				Kelapa			
				Jerami	7769.7		
				Sekam	1106.41		
			3	Daun kelapa	87600		
				Serabut	3650		
			Kelapa				
			Jerami	8002.5			

**Tabel 1** Lanjutan

<b>No</b>	<b>Jenis Industri</b>	<b>Nama Industri</b>	<b>Jumlah Industri</b>	<b>Bahan Bakar</b>	<b>Massa (kg)</b>
			4	Daun Kelapa	54750
				Serabut	3650
				Kelapa	
				Jerami	5310.75
			5	Daun Kelapa	39108
				Serabut	521.4
				Kelapa	
				Jerami	5674.5
				Sekam	786.5

Sumber: Hasil Survey

**Tabel 2** Total Emisi Karbon Sektor Industri (Ton CO<sub>2</sub>/tahun)

No	Jenis Industri	Nama Industri	Jumlah Industri	Bahan Bakar	Massa (kg)	Massa (Gg) [A]	NCV (TJ/Gg) [B]	FE (kg/TJ) [C]	Emisi CO <sub>2</sub> (kg) [D]=[A]*[B]*[C]	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Total Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)
1	Makanan	Minyak Kelapa	1	Kayu Bakar	21081.6	0.02108	15	112000	35417.09	35.42	1107.05
			2	Kayu Bakar	16030.8	0.01603	15	112000	26931.74	26.93	
			3	Kayu Bakar	13285.8	0.01329	15	112000	22320.14	22.32	
			4	Kayu Bakar	24156	0.02416	15	112000	40582.08	40.58	
			5	Kayu Bakar	10454.4	0.01045	15	112000	17563.39	17.56	
			6	Kayu Bakar	13285.8	0.01329	15	112000	22320.14	22.32	
		Gula Siwalan	1	Kayu Bakar	39748.5	0.03975	15	112000	66777.48	66.78	
			2	Kayu Bakar	16030.8	0.01603	15	112000	26931.74	26.93	
			3	Kayu Bakar	16030.8	0.01603	15	112000	26931.74	26.93	
			4	Kayu Bakar	34257.6	0.03426	15	112000	57552.77	57.55	
			5	Kayu Bakar	20203.2	0.02020	15	112000	33941.38	33.94	
			6	Kayu Bakar	19874.25	0.01987	15	112000	33388.74	33.39	
			7	Kayu Bakar	19874.25	0.01987	15	112000	33388.74	33.39	
			8	Kayu Bakar	16030.8	0.01603	15	112000	26931.74	26.93	
			9	Kayu Bakar	16030.8	0.01603	15	112000	26931.74	26.93	
			10	Kayu Bakar	32061.6	0.03206	15	112000	53863.49	53.86	
			11	Kayu Bakar	24156	0.02416	15	112000	40582.08	40.58	
			12	Kayu Bakar	13285.8	0.01329	15	112000	22320.14	22.32	

**Tabel 2 Lanjutan**

No	Jenis Industri	Nama Industri	Jumlah Industri	Bahan Bakar	Massa (kg)	Massa (Gg) [A]	NCV (TJ/Gg) [B]	FE (kg/TJ) [C]	Emisi CO <sub>2</sub> (kg) [D]=[A]*[B]*[C]	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Total Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)
			13	Kayu Bakar	10454.4	0.01045	15	112000	17563.39	17.56	
			14	Kayu Bakar	21081.6	0.02108	15	112000	35417.09	35.42	
			15	Kayu Bakar	39748.5	0.03975	15	112000	66777.48	66.78	
			16	Kayu Bakar	21081.6	0.02108	15	112000	35417.09	35.42	
			17	Kayu Bakar	24156	0.02416	15	112000	40582.08	40.58	
			18	Kayu Bakar	24156	0.02416	15	112000	40582.08	40.58	
			19	Kayu Bakar	7949.7	0.00795	15	112000	13355.50	13.36	
			20	Kayu Bakar	20203.2	0.02020	15	112000	33941.38	33.94	
			21	Kayu Bakar	24156	0.02416	15	112000	40582.08	40.58	
			22	Kayu Bakar	16030.8	0.01603	15	112000	26931.74	26.93	
			23	Kayu Bakar	10454.4	0.01045	15	112000	17563.39	17.56	
			24	Kayu Bakar	19874.25	0.01987	15	112000	33388.74	33.39	
			25	Kayu Bakar	10540.8	0.01054	15	112000	17708.54	17.71	
			26	Kayu Bakar	15811.2	0.01581	15	112000	26562.82	26.56	
			27	Kayu Bakar	13285.8	0.01329	15	112000	22320.14	22.32	
		Keripik	1	LPG	48.55	0.00005	47.3	63100	144.90	0.14	
		Singkong	2	LPG	131.4	0.00013	47.3	63100	392.18	0.39	
			3	LPG	317.1	0.00032	47.3	63100	946.43	0.95	
			4	LPG	298.5	0.00030	47.3	63100	890.91	0.89	

**Tabel 2 Lanjutan**

No	Jenis Industri	Nama Industri	Jumlah Industri	Bahan Bakar	Massa (kg)	Massa (Gg) [A]	NCV (TJ/Gg) [B]	FE (kg/TJ) [C]	Emisi CO <sub>2</sub> (kg) [D]=[A]*[B]*[C]	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Total Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)
			5	LPG	522	0.00052	47.3	63100	1557.98	1.56	
			6	LPG	30.7	0.00003	47.3	63100	91.63	0.09	
			7	LPG	122.8	0.00012	47.3	63100	366.51	0.37	
			8	LPG	3120	0.00312	47.3	63100	9312.05	9.31	
			9	LPG	307.8	0.00031	47.3	63100	918.67	0.92	
		Kerupuk Ikan	1	LPG	144	0.00014	47.3	63100	429.79	0.43	
			2	LPG	100	0.00010	47.3	63100	298.46	0.30	
			3	LPG	216	0.00022	47.3	63100	644.68	0.64	
			4	LPG	450	0.00045	47.3	63100	1343.08	1.34	
			5	LPG	300	0.00030	47.3	63100	895.39	0.90	
			6	LPG	500	0.00050	47.3	63100	1492.32	1.49	
			7	LPG	108	0.00011	47.3	63100	322.34	0.32	
		Petis	1	LPG	120	0.00012	47.3	63100	358.16	0.36	
			2	LPG	240	0.00024	47.3	63100	716.31	0.72	
			3	LPG	108	0.00011	47.3	63100	322.34	0.32	
			4	LPG	168	0.00017	47.3	63100	501.42	0.50	
			5	LPG	192	0.00019	47.3	63100	573.05	0.57	
		Rengginang	1	LPG	120	0.00012	47.3	63100	358.16	0.36	

**Tabel 2 Lanjutan**

No	Jenis Industri	Nama Industri	Jumlah Industri	Bahan Bakar	Massa (kg)	Massa (Gg) [A]	NCV (TJ/Gg) [B]	FE (kg/TJ) [C]	Emisi CO <sub>2</sub> (kg) [D]=[A]*[B]*[C]	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Total Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)
		Keripik Gayam	1	LPG	270	0.00027	47.3	63100	805.85	0.81	
2	Logam Dasar	Pande besi	1	Arang	5400	0.00540	30	112000	18144.00	18.14	115.25
			2	Arang	4050	0.00405	30	112000	13608.00	13.61	
			3	Arang	2700	0.00270	30	112000	9072.00	9.07	
			4	Arang	5400	0.00540	30	112000	18144.00	18.14	
	Keris		1	Arang	4500	0.00450	30	112000	15120.00	15.12	
			2	Arang	4000	0.00400	30	112000	13440.00	13.44	
			3	Arang	3750	0.00375	30	112000	12600.00	12.60	
			4	Arang	4500	0.00450	30	112000	15120.00	15.12	
3	Barang Galian Bukan Logam	Genteng	1	Daun Kelapa	76650	0.07665	11	100000	84315.00	84.32	470.30
				Serabut Kelapa	5475	0.00548	9.8	100000	5365.50	5.37	
				Jerami	5310.75	0.00531	15.2	100000	8072.34	8.07	
			2	Daun Kelapa	109500	0.10950	11	100000	120450.00	120.45	
				Serabut Kelapa	1460	0.00146	9.8	100000	1430.80	1.43	
				Jerami	7769.7	0.00777	15.2	100000	11809.94	11.81	
				Sekam	1106.41	0.00111	14.4	100000	1593.23	1.59	

**Tabel 2 Lanjutan**

No	Jenis Industri	Nama Industri	Jumlah Industri	Bahan Bakar	Massa (kg)	Massa (Gg) [A]	NCV (TJ/Gg) [B]	FE (kg/TJ) [C]	Emisi CO <sub>2</sub> (kg) [D]=[A]*[B]*[C]	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Total Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)
			3	Daun kelapa	87600	0.08760	11	100000	96360.00	96.36	
				Serabut Kelapa	3650	0.00365	9.8	100000	3577.00	3.58	
				Jerami	8002.5	0.00800	15.2	100000	12163.80	12.16	
			4	Daun Kelapa	54750	0.05475	11	100000	60225.00	60.23	
				Serabut Kelapa	3650	0.00365	9.8	100000	3577.00	3.58	
				Jerami	5310.75	0.00531	15.2	100000	8072.34	8.07	
			5	Daun Kelapa	39108	0.03911	11	100000	43018.80	43.02	
				Serabut Kelapa	521.4	0.00052	9.8	100000	510.97	0.51	
				Jerami	5674.5	0.00567	15.2	100000	8625.24	8.63	
				Sekam	786.5	0.00079	14.4	100000	1132.56	1.13	
Total Emisi Sektor Industri											<b>1692.60</b>

Sumber: Hasil Perhitungan



**Tabel 3** Emisi CO<sub>2</sub>/Tahun Sektor Industri Tiap Kecamatan di Kabupaten Sumenep

Nama Kecamatan	Nama Industri	Nomor Sampel	Bahan Bakar	Massa (kg)	Massa (Gg) [A]	NCV (TJ/Gg) [B]	FE (kg/TJ) [C]	Emisi CO2 (kg) [D]=[A]*[B]*[C]	Emisi CO2(Ton)	Total Emisi CO2 (Ton)
Dungkek	Minyak	1	Kayu Bakar	21081.6	0.02108	15	112000	35417.09	35.42	417.17
	Kelapa	2	Kayu Bakar	16030.8	0.01603	15	112000	26931.74	26.93	
		3	Kayu Bakar	13285.8	0.01329	15	112000	22320.14	22.32	
	Gula	1	Kayu Bakar	39748.5	0.03975	15	112000	66777.48	66.78	
	Siwalan	2	Kayu Bakar	16030.8	0.01603	15	112000	26931.74	26.93	
		3	Kayu Bakar	16030.8	0.01603	15	112000	26931.74	26.93	
		4	Kayu Bakar	34257.6	0.03426	15	112000	57552.77	57.55	
		5	Kayu Bakar	20203.2	0.02020	15	112000	33941.38	33.94	
		6	Kayu Bakar	19874.25	0.01987	15	112000	33388.74	33.39	
		7	Kayu Bakar	19874.25	0.01987	15	112000	33388.74	33.39	
	Kerupuk Ikan	2	LPG	100	0.00010	47.3	63100	298.46	0.30	
	Genteng	5	Daun Kelapa	39108	0.03911	11	100000	43018.80	43.02	
			Serabut Kelapa	521.4	0.00052	9.8	100000	510.97	0.51	

**Tabel 3 Lanjutan**

<b>Nama Kecamatan</b>	<b>Nama Industri</b>	<b>Nomor Sampel</b>	<b>Bahan Bakar</b>	<b>Massa (kg)</b>	<b>Massa (Gg) [A]</b>	<b>NCV (TJ/Gg) [B]</b>	<b>FE (kg/TJ) [C]</b>	<b>Emisi CO2 (kg) [D]=[A]*[B]*[C]</b>	<b>Emisi CO2(Ton)</b>	<b>Total Emisi CO2 (Ton)</b>
<b>Batang- batang</b>	Minyak Kelapa Gula Siwalan	4	Jerami	5674.5	0.00567	15.2	100000	8625.24	8.63	300.48
			Sekam	786.5	0.00079	14.4	100000	1132.56	1.13	
		8	Kayu Bakar	24156	0.02416	15	112000	40582.08	40.58	
			Kayu Bakar	16030.8	0.01603	15	112000	26931.74	26.93	
			Kayu Bakar	16030.8	0.01603	15	112000	26931.74	26.93	
			Kayu Bakar	32061.6	0.03206	15	112000	53863.49	53.86	
			Kayu Bakar	24156	0.02416	15	112000	40582.08	40.58	
			Kayu Bakar	13285.8	0.01329	15	112000	22320.14	22.32	
			Kayu Bakar	10454.4	0.01045	15	112000	17563.39	17.56	
			Kayu Bakar	21081.6	0.02108	15	112000	35417.09	35.42	
	Pande Besi	1	Arang	5400	0.00540	30	112000	18144.00	18.14	
		4	Arang	5400	0.00540	30	112000	18144.00	18.14	
<b>Gapura</b>	Minyak	5	Kayu Bakar	10454.4	0.01045	15	112000	17563.39	17.56	223.86
	Kelapa	6	Kayu Bakar	13285.8	0.01329	15	112000	22320.14	22.32	

**Tabel 3 Lanjutan**

<b>Nama Kecamatan</b>	<b>Nama Industri</b>	<b>Nomor Sampel</b>	<b>Bahan Bakar</b>	<b>Massa (kg)</b>	<b>Massa (Gg) [A]</b>	<b>NCV (TJ/Gg) [B]</b>	<b>FE (kg/TJ) [C]</b>	<b>Emisi CO2 (kg) [D]=[A]*[B]*[C]</b>	<b>Emisi CO2(Ton)</b>	<b>Total Emisi CO2 (Ton)</b>
<b>Lenteng</b>	Genteng	3	Daun kelapa	87600	0.08760	11	100000	96360.00	96.36	156.89
			Serabut	3650	0.00365	9.8	100000	3577.00	3.58	
			Kelapa							
		4	Jerami	8002.5	0.00800	15.2	100000	12163.80	12.16	
			Daun	54750	0.05475	11	100000	60225.00	60.23	
			Kelapa							
			Serabut	3650	0.00365	9.8	100000	3577.00	3.58	
			Kelapa							
	Gula	15	Jerami	5310.75	0.00531	15.2	100000	8072.34	8.07	
			Kayu Bakar	39748.5	0.03975	15	112000	66777.48	66.78	
<b>Bluto</b>	Siwalan	16	Kayu Bakar	21081.6	0.02108	15	112000	35417.09	35.42	
		17	Kayu Bakar	24156	0.02416	15	112000	40582.08	40.58	
		4	LPG	168	0.00017	47.3	63100	501.42	0.50	
	Pande Besi	2	Arang	4050	0.00405	30	112000	13608.00	13.61	
		18	Kayu Bakar	24156	0.02416	15	112000	40582.08	40.58	
	Gula									
	Siwalan									66.62

**Tabel 3 Lanjutan**

<b>Nama Kecamatan</b>	<b>Nama Industri</b>	<b>Nomor Sampel</b>	<b>Bahan Bakar</b>	<b>Massa (kg)</b>	<b>Massa (Gg) [A]</b>	<b>NCV (TJ/Gg) [B]</b>	<b>FE (kg/TJ) [C]</b>	<b>Emisi CO2 (kg) [D]=[A]*[B]*[C]</b>	<b>Emisi CO2(Ton)</b>	<b>Total Emisi CO2 (Ton)</b>
<b>Pragaan</b>	Keris	2	Arang	4000	0.00400	30	112000	13440.00	13.44	348.53
		3	Arang	3750	0.00375	30	112000	12600.00	12.60	
	Gula	19	Kayu Bakar	7949.7	0.00795	15	112000	13355.50	13.36	
		20	Kayu Bakar	20203.2	0.02020	15	112000	33941.38	33.94	
		21	Kayu Bakar	24156	0.02416	15	112000	40582.08	40.58	
		22	Kayu Bakar	16030.8	0.01603	15	112000	26931.74	26.93	
	Petis	3	LPG	108	0.00011	47.3	63100	322.34	0.32	
	Rengginang	1	LPG	120	0.00012	47.3	63100	358.16	0.36	
	Genteng	1	Daun	76650	0.07665	11	100000	84315.00	84.32	
			Kelapa							
			Serabut	5475	0.00548	9.8	100000	5365.50	5.37	
			Kelapa							
			Jerami	5310.75	0.00531	15.2	100000	8072.34	8.07	
		2	Daun	109500	0.10950	11	100000	120450.00	120.45	
			Kelapa							

**Tabel 3 Lanjutan**

<b>Nama Kecamatan</b>	<b>Nama Industri</b>	<b>Nomor Sampel</b>	<b>Bahan Bakar</b>	<b>Massa (kg)</b>	<b>Massa (Gg) [A]</b>	<b>NCV (TJ/Gg) [B]</b>	<b>FE (kg/TJ) [C]</b>	<b>Emisi CO2 (kg) [D]=[A]*[B]*[C]</b>	<b>Emisi CO2(Ton)</b>	<b>Total Emisi CO2 (Ton)</b>
			Serabut Kelapa	1460	0.00146	9.8	100000	1430.80	1.43	
			Jerami	7769.7	0.00777	15.2	100000	11809.94	11.81	
			Sekam	1106.41	0.00111	14.4	100000	1593.23	1.59	
<b>Ganding</b>	Gula	23	Kayu Bakar	10454.4	0.01045	15	112000	17563.39	17.56	50.95
	Siwalan	24	Kayu Bakar	19874.25	0.01987	15	112000	33388.74	33.39	
<b>Batu Putih</b>	Gula	25	Kayu Bakar	10540.8	0.01054	15	112000	17708.54	17.71	66.74
	Siwalan	26	Kayu Bakar	15811.2	0.01581	15	112000	26562.82	26.56	
		27	Kayu Bakar	13285.8	0.01329	15	112000	22320.14	22.32	
	Keripik Singkong	1	LPG	48.55	0.00005	47.3	63100	144.90	0.14	
<b>Manding</b>	Keripik Singkong	2	LPG	131.4	0.00013	47.3	63100	392.18	0.39	3.88
		3	LPG	317.1	0.00032	47.3	63100	946.43	0.95	
		4	LPG	298.5	0.00030	47.3	63100	890.91	0.89	
		5	LPG	522	0.00052	47.3	63100	1557.98	1.56	

**Tabel 3 Lanjutan**

<b>Nama Kecamatan</b>	<b>Nama Industri</b>	<b>Nomor Sampel</b>	<b>Bahan Bakar</b>	<b>Massa (kg)</b>	<b>Massa (Gg) [A]</b>	<b>NCV (TJ/Gg) [B]</b>	<b>FE (kg/TJ) [C]</b>	<b>Emisi CO2 (kg) [D]=[A]*[B]*[C]</b>	<b>Emisi CO2(Ton)</b>	<b>Total Emisi CO2 (Ton)</b>
<b>Dasuk</b>	Keripik Singkong	6	LPG	30.7	0.00003	47.3	63100	91.63	0.09	11.17
		7	LPG	122.8	0.00012	47.3	63100	366.51	0.37	
		8	LPG	3120	0.00312	47.3	63100	9312.05	9.31	
		9	LPG	307.8	0.00031	47.3	63100	918.67	0.92	
<b>Kalianget</b>	Petis Kerupuk Ikan	5	LPG	192	0.00019	47.3	63100	573.05	0.57	14.20
		1	LPG	144	0.00014	47.3	63100	429.79	0.43	
		3	LPG	216	0.00022	47.3	63100	644.68	0.64	
		4	LPG	450	0.00045	47.3	63100	1343.08	1.34	
<b>Ambunten</b>	Pande Besi	5	LPG	300	0.00030	47.3	63100	895.39	0.90	0.36
		6	LPG	500	0.00050	47.3	63100	1492.32	1.49	
		7	LPG	108	0.00011	47.3	63100	322.34	0.32	
		3	Arang	2700	0.00270	30	112000	9072.00	9.07	
		1	LPG	120	0.00012	47.3	63100	358.16	0.36	
		2	LPG	240	0.00024	47.3	63100	716.31	0.72	
<b>Pasongsongan</b>	Petis	2	LPG	240	0.00024	47.3	63100	716.31	0.72	0.72

**Tabel 3 Lanjutan**

Nama Kecamatan	Nama Industri	Nomor Sampel	Bahan Bakar	Massa (kg)	Massa (Gg) [A]	NCV (TJ/Gg) [B]	FE (kg/TJ) [C]	Emisi CO2 (kg) [D]=[A]*[B]*[C]	Emisi CO2(Ton)	Total Emisi CO2 (Ton)
Saronggi	Keris	1	Arang	4500	0.00450	30	112000	15120.00	15.12	31.05
		4	Arang	4500	0.00450	30	112000	15120.00	15.12	
	Keripik Gayam	1	LPG	270	0.00027	47.3	63100	805.85	0.81	
		Total				1692.60				

Sumber: Hasil Perhitungan

**Tabel 4** Emisi Karbon (Ton CO<sub>2</sub>/tahun) Sektor Industri Skenario 1

No	Jenis Industri	Nama Industri	Jumlah Sampel	Bahan Bakar	Massa (kg)	Massa (Gg) [A]	NCV (TJ/Gg) [B]	FE (kg/TJ) [C]	Emisi CO <sub>2</sub> (kg) [D]=[A]*[B]*[C]	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Total Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)
1	Makanan	Minyak Kelapa	1	LPG	3077.61	0.00308	47.3	63100	9185.51	9.19	304.66
			2	LPG	2340.26	0.00234	47.3	63100	6984.82	6.98	
			3	LPG	1939.53	0.00194	47.3	63100	5788.79	5.79	
			4	LPG	3526.42	0.00353	47.3	63100	10525.07	10.53	
			5	LPG	1526.19	0.00153	47.3	63100	4555.11	4.56	
			6	LPG	1939.53	0.00194	47.3	63100	5788.79	5.79	
		Gula Siwalan	1	LPG	5802.70	0.00580	47.3	63100	17318.91	17.32	
			2	LPG	2340.26	0.00234	47.3	63100	6984.82	6.98	
			3	LPG	2340.26	0.00234	47.3	63100	6984.82	6.98	
			4	LPG	5001.11	0.00500	47.3	63100	14926.46	14.93	
			5	LPG	2949.37	0.00295	47.3	63100	8802.78	8.80	
			6	LPG	2901.35	0.00290	47.3	63100	8659.46	8.66	
			7	LPG	2901.35	0.00290	47.3	63100	8659.46	8.66	
			8	LPG	2340.26	0.00234	47.3	63100	6984.82	6.98	
			9	LPG	2340.26	0.00234	47.3	63100	6984.82	6.98	
			10	LPG	4680.53	0.00468	47.3	63100	13969.64	13.97	
			11	LPG	3526.42	0.00353	47.3	63100	10525.07	10.53	
			12	LPG	1939.53	0.00194	47.3	63100	5788.79	5.79	
			13	LPG	1526.19	0.00153	47.3	63100	4555.11	4.56	



**Tabel 4** Lanjutan

No	Jenis Industri	Nama Industri	Jumlah Sampel	Bahan Bakar	Massa (kg)	Massa (Gg) [A]	NCV (TJ/Gg) [B]	FE (kg/TJ) [C]	Emisi CO <sub>2</sub> (kg) [D]=[A]*[B]*[C]	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Total Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)
			14	LPG	3077.61	0.00308	47.3	63100	9185.51	9.19	
			15	LPG	5802.70	0.00580	47.3	63100	17318.91	17.32	
			16	LPG	3077.61	0.00308	47.3	63100	9185.51	9.19	
			17	LPG	3526.42	0.00353	47.3	63100	10525.07	10.53	
			18	LPG	3526.42	0.00353	47.3	63100	10525.07	10.53	
			19	LPG	1160.54	0.00116	47.3	63100	3463.78	3.46	
			20	LPG	2949.37	0.00295	47.3	63100	8802.78	8.80	
			21	LPG	3526.42	0.00353	47.3	63100	10525.07	10.53	
			22	LPG	2340.26	0.00234	47.3	63100	6984.82	6.98	
			23	LPG	1526.19	0.00153	47.3	63100	4555.11	4.56	
			24	LPG	2901.35	0.00290	47.3	63100	8659.46	8.66	
			25	LPG	1538.80	0.00154	47.3	63100	4592.76	4.59	
			26	LPG	2308.20	0.00231	47.3	63100	6889.14	6.89	
			27	LPG	1939.53	0.00194	47.3	63100	5788.79	5.79	
		Keripik	1	LPG	48.55	0.00005	47.3	63100	144.90	0.14	
		Singkong	2	LPG	131.4	0.00013	47.3	63100	392.18	0.39	
			3	LPG	317.1	0.00032	47.3	63100	946.43	0.95	
			4	LPG	298.5	0.00030	47.3	63100	890.91	0.89	
			5	LPG	522	0.00052	47.3	63100	1557.98	1.56	

**Tabel 4** Lanjutan

No	Jenis Industri	Nama Industri	Jumlah Sampel	Bahan Bakar	Massa (kg)	Massa (Gg) [A]	NCV (TJ/Gg) [B]	FE (kg/TJ) [C]	Emisi CO <sub>2</sub> (kg) [D]=[A]*[B]*[C]	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Total Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)
			6	LPG	30.7	0.00003	47.3	63100	91.63	0.09	
			7	LPG	122.8	0.00012	47.3	63100	366.51	0.37	
			8	LPG	3120	0.00312	47.3	63100	9312.05	9.31	
			9	LPG	307.8	0.00031	47.3	63100	918.67	0.92	
		Kerupuk Ikan	1	LPG	144	0.00014	47.3	63100	429.79	0.43	
			2	LPG	100	0.00010	47.3	63100	298.46	0.30	
			3	LPG	216	0.00022	47.3	63100	644.68	0.64	
			4	LPG	450	0.00045	47.3	63100	1343.08	1.34	
			5	LPG	300	0.00030	47.3	63100	895.39	0.90	
			6	LPG	500	0.00050	47.3	63100	1492.32	1.49	
			7	LPG	108	0.00011	47.3	63100	322.34	0.32	
		Petis	1	LPG	120	0.00012	47.3	63100	358.16	0.36	
			2	LPG	240	0.00024	47.3	63100	716.31	0.72	
			3	LPG	108	0.00011	47.3	63100	322.34	0.32	
			4	LPG	168	0.00017	47.3	63100	501.42	0.50	
			5	LPG	192	0.00019	47.3	63100	573.05	0.57	
		Rengginang	1	LPG	120	0.00012	47.3	63100	358.16	0.36	
		Keripik Gayam	1	LPG	270	0.00027	47.3	63100	805.85	0.81	

**Tabel 4** Lanjutan

No	Jenis Industri	Nama Industri	Jumlah Sampel	Bahan Bakar	Massa (kg)	Massa (Gg) [A]	NCV (TJ/Gg) [B]	FE (kg/TJ) [C]	Emisi CO <sub>2</sub> (kg) [D]=[A]*[B]*[C]	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Total Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)
2	Logam	Pande besi	1	Arang	5400	0.00540	30	112000	18144.00	18.14	115.25
			2	Arang	4050	0.00405	30	112000	13608.00	13.61	
			3	Arang	2700	0.00270	30	112000	9072.00	9.07	
			4	Arang	5400	0.00540	30	112000	18144.00	18.14	
		Keris	1	Arang	4500	0.00450	30	112000	15120.00	15.12	
			2	Arang	4000	0.00400	30	112000	13440.00	13.44	
			3	Arang	3750	0.00375	30	112000	12600.00	12.60	
			4	Arang	4500	0.00450	30	112000	15120.00	15.12	
3	Bahan Bangunan	Genteng	1	Daun Kelapa	76650	0.07665	11	100000	84315.00	84.32	470.30
				Serabut Kelapa	5475	0.00548	9.8	100000	5365.50	5.37	
				Jerami	5310.75	0.00531	15.2	100000	8072.34	8.07	
				Jerami	5310.75	0.00531	15.2	100000	8072.34	8.07	
			2	Daun Kelapa	109500	0.10950	11	100000	120450.00	120.45	
				Serabut Kelapa	1460	0.00146	9.8	100000	1430.80	1.43	
				Jerami	7769.7	0.00777	15.2	100000	11809.94	11.81	
				Sekam	1106.41	0.00111	14.4	100000	1593.23	1.59	
			3	Daun kelapa	87600	0.08760	11	100000	96360.00	96.36	

**Tabel 4** Lanjutan

No	Jenis Industri	Nama Industri	Jumlah Sampel	Bahan Bakar	Massa (kg)	Massa (Gg) [A]	NCV (TJ/Gg) [B]	FE (kg/TJ) [C]	Emisi CO <sub>2</sub> (kg) [D]=[A]*[B]*[C]	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Total Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)
				Serabut Kelapa	3650	0.00365	9.8	100000	3577.00	3.58	
				Jerami	8002.5	0.00800	15.2	100000	12163.80	12.16	
			4	Daun Kelapa	54750	0.05475	11	100000	60225.00	60.23	
				Serabut Kelapa	3650	0.00365	9.8	100000	3577.00	3.58	
				Jerami	5310.75	0.00531	15.2	100000	8072.34	8.07	
			5	Daun Kelapa	39108	0.03911	11	100000	43018.80	43.02	
				Serabut Kelapa	521.4	0.00052	9.8	100000	510.97	0.51	
				Jerami	5674.5	0.00567	15.2	100000	8625.24	8.63	
				Sekam	786.5	0.00079	14.4	100000	1132.56	1.13	
				Total Emisi Sektor Industri							<b>890.20</b>

Sumber: Hasil Perhitungan

**Tabel 5** Emisi Karbon (Ton CO<sub>2</sub>/tahun) Sektor Industri Skenario 2

No	Jenis Industri	Nama Industri	Jumlah Sampel	Bahan Bakar	Massa (kg)	Massa (Gg) [A]	NCV (TJ/Gg) [B]	FE (kg/TJ) [C]	Emisi CO <sub>2</sub> (kg) [D]=[A]*[B]*[C]	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Total Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)
1	Makanan	Minyak Kelapa	1	LPG	3077.61	0.00308	47.3	63100	9185.51	9.19	689.45
			2	LPG	2340.26	0.00234	47.3	63100	6984.82	6.98	
			3	LPG	1939.53	0.00194	47.3	63100	5788.79	5.79	
			4	Kayu Bakar	16030.80	0.01603	15	112000	26931.74	26.93	
			5	Kayu Bakar	21081.60	0.02108	15	112000	35417.09	35.42	
			6	Kayu Bakar	21081.60	0.02108	15	112000	35417.09	35.42	
		Gula Siwalan	1	LPG	5802.70	0.00580	47.3	63100	17318.91	17.32	
			2	LPG	2340.26	0.00234	47.3	63100	6984.82	6.98	
			3	LPG	2340.26	0.00234	47.3	63100	6984.82	6.98	
			4	LPG	5001.11	0.00500	47.3	63100	14926.46	14.93	
			5	LPG	2949.37	0.00295	47.3	63100	8802.78	8.80	
			6	LPG	2901.35	0.00290	47.3	63100	8659.46	8.66	
			7	LPG	2901.35	0.00290	47.3	63100	8659.46	8.66	
			8	LPG	2340.26	0.00234	47.3	63100	6984.82	6.98	
			9	LPG	2340.26	0.00234	47.3	63100	6984.82	6.98	
			10	LPG	4680.53	0.00468	47.3	63100	13969.64	13.97	
			11	LPG	3526.42	0.00353	47.3	63100	10525.07	10.53	
			12	LPG	1939.53	0.00194	47.3	63100	5788.79	5.79	
			13	LPG	1526.19	0.00153	47.3	63100	4555.11	4.56	

**Tabel 5 Lanjutan**

No	Jenis Industri	Nama Industri	Jumlah Sampel	Bahan Bakar	Massa (kg)	Massa (Gg) [A]	NCV (TJ/Gg) [B]	FE (kg/TJ) [C]	Emisi CO <sub>2</sub> (kg) [D]=[A]*[B]*[C]	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Total Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)
			14	LPG	3077.61	0.00308	47.3	63100	9185.51	9.19	
			15	Kayu Bakar	39748.5	0.03975	15	112000	66777.48	66.78	
			16	Kayu Bakar	21081.6	0.02108	15	112000	35417.09	35.42	
			17	Kayu Bakar	24156	0.02416	15	112000	40582.08	40.58	
			18	Kayu Bakar	24156	0.02416	15	112000	40582.08	40.58	
			19	Kayu Bakar	7949.7	0.00795	15	112000	13355.50	13.36	
			20	Kayu Bakar	20203.2	0.02020	15	112000	33941.38	33.94	
			21	Kayu Bakar	24156	0.02416	15	112000	40582.08	40.58	
			22	Kayu Bakar	16030.8	0.01603	15	112000	26931.74	26.93	
			23	Kayu Bakar	10454.4	0.01045	15	112000	17563.39	17.56	
			24	Kayu Bakar	19874.25	0.01987	15	112000	33388.74	33.39	
			25	Kayu Bakar	10540.8	0.01054	15	112000	17708.54	17.71	
			26	Kayu Bakar	15811.2	0.01581	15	112000	26562.82	26.56	
			27	Kayu Bakar	13285.8	0.01329	15	112000	22320.14	22.32	
		Keripik	1	LPG	48.55	0.00005	47.3	63100	144.90	0.14	
		Singkong	2	LPG	131.4	0.00013	47.3	63100	392.18	0.39	
			3	LPG	317.1	0.00032	47.3	63100	946.43	0.95	
			4	LPG	298.5	0.00030	47.3	63100	890.91	0.89	
			5	LPG	522	0.00052	47.3	63100	1557.98	1.56	

**Tabel 5 Lanjutan**

No	Jenis Industri	Nama Industri	Jumlah Sampel	Bahan Bakar	Massa (kg)	Massa (Gg) [A]	NCV (TJ/Gg) [B]	FE (kg/TJ) [C]	Emisi CO <sub>2</sub> (kg) [D]=[A]*[B]*[C]	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Total Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)
			6	LPG	30.7	0.00003	47.3	63100	91.63	0.09	
			7	LPG	122.8	0.00012	47.3	63100	366.51	0.37	
			8	LPG	3120	0.00312	47.3	63100	9312.05	9.31	
			9	LPG	307.8	0.00031	47.3	63100	918.67	0.92	
		Kerupuk	1	LPG	144	0.00014	47.3	63100	429.79	0.43	
		Ikan	2	LPG	100	0.00010	47.3	63100	298.46	0.30	
			3	LPG	216	0.00022	47.3	63100	644.68	0.64	
			4	LPG	450	0.00045	47.3	63100	1343.08	1.34	
			5	LPG	300	0.00030	47.3	63100	895.39	0.90	
			6	LPG	500	0.00050	47.3	63100	1492.32	1.49	
			7	LPG	108	0.00011	47.3	63100	322.34	0.32	
		Petis	1	LPG	120	0.00012	47.3	63100	358.16	0.36	
			2	LPG	240	0.00024	47.3	63100	716.31	0.72	
			3	LPG	108	0.00011	47.3	63100	322.34	0.32	
			4	LPG	168	0.00017	47.3	63100	501.42	0.50	
			5	LPG	192	0.00019	47.3	63100	573.05	0.57	
		Rengginang	1	LPG	120	0.00012	47.3	63100	358.16	0.36	
		Keripik	1	LPG	270	0.00027	47.3	63100	805.85	0.81	
		Gayam									

**Tabel 5 Lanjutan**

No	Jenis Industri	Nama Industri	Jumlah Sampel	Bahan Bakar	Massa (kg)	Massa (Gg) [A]	NCV (TJ/Gg) [B]	FE (kg/TJ) [C]	Emisi CO <sub>2</sub> (kg) [D]=[A]*[B]*[C]	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Total Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)
2	Logam	Pande besi	1	Arang	5400	0.00540	30	112000	18144.00	18.14	115.25
			2	Arang	4050	0.00405	30	112000	13608.00	13.61	
			3	Arang	2700	0.00270	30	112000	9072.00	9.07	
			4	Arang	5400	0.00540	30	112000	18144.00	18.14	
		Keris	1	Arang	4500	0.00450	30	112000	15120.00	15.12	
			2	Arang	4000	0.00400	30	112000	13440.00	13.44	
			3	Arang	3750	0.00375	30	112000	12600.00	12.60	
			4	Arang	4500	0.00450	30	112000	15120.00	15.12	
3	Bahan Bangunan	Genteng	1	Daun Kelapa	76650	0.07665	11	100000	84315.00	84.32	470.30
				Serabut Kelapa	5475	0.00548	9.8	100000	5365.50	5.37	
				Jerami	5310.75	0.00531	15.2	100000	8072.34	8.07	
				Jerami	5310.75	0.00531	15.2	100000	8072.34	8.07	
			2	Daun Kelapa	109500	0.10950	11	100000	120450.00	120.45	
				Serabut Kelapa	1460	0.00146	9.8	100000	1430.80	1.43	
				Jerami	7769.7	0.00777	15.2	100000	11809.94	11.81	
				Sekam	1106.41	0.00111	14.4	100000	1593.23	1.59	
			3	Daun kelapa	87600	0.08760	11	100000	96360.00	96.36	



**Tabel 5 Lanjutan**

No	Jenis Industri	Nama Industri	Jumlah Sampel	Bahan Bakar	Massa (kg)	Massa (Gg) [A]	NCV (TJ/Gg) [B]	FE (kg/TJ) [C]	Emisi CO <sub>2</sub> (kg) [D]=[A]*[B]*[C]	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Total Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)
				Serabut Kelapa	3650	0.00365	9.8	100000	3577.00	3.58	
				Jerami	8002.5	0.00800	15.2	100000	12163.80	12.16	
			4	Daun Kelapa	54750	0.05475	11	100000	60225.00	60.23	
				Serabut Kelapa	3650	0.00365	9.8	100000	3577.00	3.58	
				Jerami	5310.75	0.00531	15.2	100000	8072.34	8.07	
			5	Daun Kelapa	39108	0.03911	11	100000	43018.80	43.02	
				Serabut Kelapa	521.4	0.00052	9.8	100000	510.97	0.51	
				Jerami	5674.5	0.00567	15.2	100000	8625.24	8.63	
				Sekam	786.5	0.00079	14.4	100000	1132.56	1.13	
Total Emisi Sektor Industri											<b>1275.00</b>

Sumber : Hasil Perhitungan

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2014. *Pemerintah Kabupaten Sumenep*. <http://sumenep.go.id>.
- Dinas Pendapatan Kabupaten Sumenep. 2014. *Jumlah Kendaraan di Kabupaten Sumenep, Jumlah Kendaraan Tiap Kecamatan di Kabupaten Sumenep*
- Dinas Perindustrian dan Perdagangan Kabupaten Sumenep. 2014. *Jumlah SPBU dan Rata-rata Penjualan Bahan Bakar Minyak (BBM), Jenis Industri yang Menggunakan Bahan Bakar*.
- Dinora, G.,Q. 2014. *Penentuan Faktor Emisi Spesifik untuk Estimasi Tapak Karbon dan Pemetaannya dari Sektor Industri dan Transportasi di Kota Malang*. Surabaya: Teknik Lingkungan – Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Belum dipublikasikan.
- Direktorat Jendral Bina Marga. 1997. *MKJI (Manual Kapasitas Jalan Indonesia)*. Departemen Pekerjaan Umum.
- Hickman A J. 1999. *Methodology for Calculating Transport Emissions and Energy Consumption*. Transport Research Laboratory.
- Hoffman, V., Busch, T. 2008. *Corporate Carbon Performance Indicators*. J. ind. Ecol. 12 (4), 505-520.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 1996. *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*.
- IPPC-Intergovernmental Panel on Climate Change. 2001. *The Scientific basis. Contribution of Working Group 1 to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. University Press Cambridge
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2006. *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Hayama, Japan.
- Kusuma, W. P. 2011. *Studi Kontribusi Kegiatan Transportasi Terhadap Emisi Karbon di Surabaya Bagian Barat*. Surabaya: Teknik Lingkungan ITS
- Liu, Y. 2014. *Dynamic Study on Influencing Factors of Industrial Firm's Carbon Footprint*. Tianjin University China.
- Liu, H., He, K., Wang, G., Huo, H., Lents, J., Davis, N., Chen, Ch., Osses, M., He, Ch. 2007. *Comparison of Vehicle Activity and Emission Inventory*

- Between Beijing and Shanghai*. Journal of Air & Waste Management Association, Vol 57 hal. 1176.
- Lundie, S., Schulz, M., Peters, G., Nebel, B., Ledgard, S. 2009. *Carbon Footprint Measurement-Methodology Report*.
- Melanta, S. 2010. *A Tool For Quantifying The Carbon Footprint of Construction Projects in The Transportation Sector*. Master of Science Thesis-University of Maryland.
- Peraturan Presiden No.71. 2011. *Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional*.
- Pirkko, S., Nyronen. 1990. *The Carbon Dioxide Emissions and Peat Production. International Conference on Peat Production and Use*. Jiväskylä Finland. 1:150-157
- Postorino, M., N., Mantecchini, L. 2014. *A Transport Carbon Footprint Methodology to Assess Airport Carbon Emissions*. Journal of Air Transport Management.
- Pradiptiyas, D., Assomadi, A., F., Boedisantoso, R. 2011. *Analisis Kecukupan Ruang Terbuka Hijau Sebagai Penyerap Emisi CO<sub>2</sub> di Perkotaan Menggunakan Program Stella (Studi Kasus: Surabaya Utara dan Timur)*. Teknik Lingkungan ITS.
- Ridwan, M. 2010. *Dasar-dasar Menggunakan Program AutoCAD*. Padang: Universitas Negeri Padang.
- Santoso, A.,D., Darmawan, R., A., Susanto, J., P. 2011. *Mikro Alga Untuk Penyerapan EMisi CO<sub>2</sub> dan Pengolahan Limbah Cair di Lokasi Industri*. Pusat Teknologi Lingkungan, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT)
- Setiawan, R. Y. 2011. *Kajian Carbon Footprint dari Kegiatan Industri di Kota Surabaya*. Surabaya: Teknik Lingkungan ITS.
- Suhedi, F. 2005. *Emisi CO<sub>2</sub> dari Konsumsi Energi Domestik*. Pusat Litbang Permukiman Departemen Pekerjaan Umum
- Torok, A., 2005, *Estimation method for emission of road transport*, Department of Transport Economics, Budapest University of Technology and Economics H-1111 Budapest, Bertalan L. u. 2., Hungary.

## BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan 23 tahun lalu di Kota Pekanbaru, pada tanggal 26 Maret 1991. Penulis mendapat kesempatan pendidikan formal untuk pertama kalinya di TK Budhi Luhur Pekanbaru. Selanjutnya penulis meneruskan pendidikan di SDN 005 Pekanbaru, SMP Cendana Pekanbaru dan SMAN 8 Pekanbaru. Pada tahun 2009, setelah lulus dari SMA penulis dengan bangga dapat diterima di Jurusan Teknik Lingkungan ITS pada tahun 2009. Setelah menyelesaikan pendidikan sarjana, penulis melanjutkan pendidikan magister

di Jurusan Teknik Lingkungan ITS pada tahun 2013 melalui program Beasiswa *Freshgraduate* DIKTI (Direktorat Pendidikan Tinggi) dan terdaftar dengan NRP. 3313201021. Semasa menjalani pendidikan sarjana, penulis aktif di berbagai kegiatan Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan (HMTL) sebagai Staf Departemen Riset dan Teknologi periode 2010-2011, dan pada tahun berikutnya sebagai Staf Departemen Seni dan Olahraga periode 2011-2012. Selain itu Penulis juga aktif di kegiatan UKM yaitu ITS Badminton Community (IBC). Penulis juga pernah mengikuti beberapa seminar dan pelatihan antara lain ESQ 165, LKMM PRA TD HMTL 2009, LKMM TD HMTL 2010, dan lain-lain. Penulis juga pernah melakukan kerja praktek di PT Chevron Pacific Indonesia (PT CPI) Riau pada bulan Juli 2012.